



TESIS - RE142551

Penerapan Sistem *Ecodrainage* Dalam Mengurangi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)

FAUZAN ANDIKHA
3314 202 804

DOSEN PEMBIMBING
Adhi Yuniarto, ST., MT., PhD.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



TESIS - RE142551

Penerapan Sistem *Ecodrainage* Dalam Mengurangi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)

FAUZAN ANDIKHA
3314 202 804

DOSEN PEMBIMBING
Adhi Yuniarto, ST., MT., PhD.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



THESES - RE142551

*Implementation Of Ecodrainage System In
Reduce The Potential Flooding (Case Study in
Sampang Regency)*

FAUZAN ANDIKHA
3314 202 804

SUPERVISOR
Adhi Yuniarto, ST., MT., PhD.

MASTER PROGRAM
DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

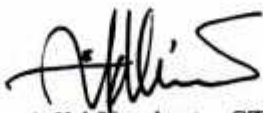
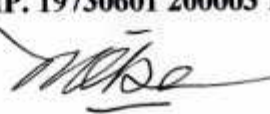


Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

FAUZAN ANDIKHA
NRP. 3314 202 804

Tanggal Ujian : 11 Juli 2017
Periode Wisuda : September 2017

Disetujui Oleh :

- 
1. **Adhi Yuniarto, ST., MT., Ph.D.** (Pembimbing)
NIP. 19730601 200003 1 001
- 
2. **Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc.** (Penguji)
NIP. 19550128 198503 2 001
- 
3. **Ir. Mas Agus Mardiyanto, ME., Ph.D** (Penguji)
NIP. 19620816 199003 1 004
- 
4. **Dr. Eng. Arie Dipareza Syafe'i, ST., MEPM.** (Penguji)
NIP. 19820119 200501 1 001



Ir. Purwanita Setijanti, M.Sc., Ph.D
NIP. 19590427 198503 2 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penyusunan Tesis dengan judul **“Penerapan Sistem Ecodrainage Dalam Mengurangi Potensi Banjir (Studi Kasus Di Kabupaten Sampang)”** dapat terselesaikan dengan baik. Tesis ini merupakan salah satu syarat kelulusan dalam menempuh jenjang Pendidikan Pasca Sarjana Program Magister Teknik Sanitasi Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan – ITS Surabaya.

Penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian tesis ini, antara lain :

1. Bapak Adhi Yuniarto, ST.,MT.,Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, petunjuk, arahan dan motivasi kepada saya dalam menyusun Tesis ini.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc, Bapak Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., Ph.D dan Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafe'i, ST., MEPM. selaku dosen penguji.
3. Kedua orang tuaku, bapak dan ibu serta istri dan putraku yang senantiasa mendo'akan yang terbaik dan senantiasa memberikan dukungan, motivasi, semangat dan pengertian.
4. Semua teman-teman kuliah MTSL ITS 2015 yang telah membantu dalam penyelesaian penyusunan Tesis ini.
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu di sini.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa pengerjaan Tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu dengan segala kekurangan yang ada, diharapkan masih dapat memberikan sumbangan bagi ilmu pengetahuan disamping itu penulis juga mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun sehingga dapat lebih menyempurnakan penulisan selanjutnya. Semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Surabaya, Juli 2017

Penyusun

PENERAPAN SISTEM *ECODRAINAGE* DALAM MENGURANGI POTENSI BANJIR (STUDI KASUS DI KABUPATEN SAMPANG)

Nama Mahasiswa : Fauzan Andikha
NRP : 3314 202 804
Pembimbing : Adhi Yuniarto, ST., MT., Ph.D.

ABSTRAK

Hampir setiap tahun Kabupaten Sampang mengalami banjir yang disebabkan oleh meluapnya Sungai Kamoning. Salah satu penyebab terjadinya banjir di wilayah hilir DAS Sungai Kamoning adalah intensitas hujan yang tinggi di daerah hulu Sungai Kamoning serta kurangnya daerah tangkapan air hujan di wilayah hulu dan tengah DAS Sungai Kamoning sehingga air hujan yang langsung mengalir ke badan sungai. Oleh karena itu perlu adanya penanganan yang tepat dengan melakukan pengolahan DAS di wilayah hulu dan tengah Sungai Kamoning dengan menggunakan sistem *ecodrainage*.

Tujuan dari penelitian ini menganalisa berapa besar sistem *ecodrainase* dalam mengurangi debit banjir dengan menggunakan beberapa alternatif yang ditinjau dari aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek pembiayaan. Dalam penelitian ini memberi 2 alternatif sebagai pilihan yaitu alternatif I berupa gabungan skenario perubahan fungsi lahan dan pembuatan kolam retensi, sedangkan alternatif II berupa gabungan skenario perubahan fungsi lahan dan pembuatan sumur resapan. Dengan menggunakan kedua alternatif tersebut selanjutnya dipilih alternatif yang layak dan efektif dalam upaya mengurangi potensi banjir di DAS Sungai Kamoning.

Hasil dari analisa besar debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun sebesar 289,361 m³/det. Secara teknis upaya pengurangan debit banjir dengan menggunakan alternatif I dapat mereduksi debit banjir sebesar 31,02 % atau sebesar 199,59 m³/det, sedangkan pada alternatif II dapat mereduksi banjir sebesar 29,08 % atau sebesar 205,20 m³/det. Secara lingkungan dalam penerapan kedua alternatif ini diperkirakan lebih banyak berdampak positif bagi lingkungan sekitarnya. Secara pembiayaan, besar biaya yang dibutuhkan menggunakan alternatif I yaitu sebesar Rp. 268.226.857.300,-. Sedangkan besar biaya yang dibutuhkan dengan menggunakan alternatif II sebesar Rp. 226.984.051.000,-. Dari kedua alternatif tersebut maka yang layak dan efektif dalam upaya mengurangi potensi banjir yang terjadi di Sungai Kamoning dengan menggunakan alternatif 1.

Kata Kunci : *Ecodrainage*, Banjir, Sungai Kamoning, Kabupaten Sampang.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

IMPLEMENTATION OF ECODRAINAGE SYSTEM IN REDUCING THE POTENTIAL FLOODING (A CASE STUDIES IN SAMPANG REGENCY)

Name : Fauzan Andikha
NRP : 3314 202 804
Supervisor : Adhi Yuniarto, ST., MT., Ph.D.

ABSTRACT

Almost every year Sampang City experiences floods caused by the overflow of the Kamoning River. One of the causes of the occurrence of flooding in downstream area of the Kamoning River Watershed is a high intensity rainfall in the upstream of the Kamoning River. It is also due to the bad condition of catchment area in the upstream of the river, such that a big portion rain water flows directly into the river. Therefore, an environmentally friendly solution needs to be conducted to solve the flood problem in the downstream of the river. The study includes technical aspects, environmental aspects, and financial aspects.

Hydrology and hydraulics analyses have been conducted for eliminating flood flow. In the analyses, two alternatives of rehabilitation are suggested. First alternative is by changing the existing land use and constructing some retention ponds, while the second alternative is by changing the existing land use and construction seepage wells. Better alternative for reducing flood in the downstream area will be suggested to be implemented.

From the analysis, it can be found that the 50 year return period of flood be 289.361 m³/ sec. Technically, by applying the first alternative, the discharge reduces by 31,02% or 199.59 m³/sec, whereas the second alternative could reduce the discharge by 29.08% or 205.20 m³/ sec. Environmentally, the implementation of the both alternatives are expected to give positive impact to the surrounding environment. The cost of applying alternative I is IDR 268,226,857,300, - whereas the cost of applying alternative II is IDR 226,984,051,000. -. It can be concluded that the first alternative is more efective than the second one in reducing flood.

Keywords: *Ecodrainage, Flood, Kamoning River, Sampang Regency.*

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Lokasi Studi	7
2.1.1 Kondisi Geografis.....	7
2.1.2 Kondisi Iklim	8
2.1.3 Kondisi Topografi.....	8
2.2 Permasalahan Banjir di Wilayah DAS Sungai Kamoning	21
2.3 Pengelolaan DAS.....	25
2.4 Analisa Hidrologi	26
2.4.1 Curah Hujan Rerata Daerah.....	26

2.4.2	Analisis Curah Hujan Rancangan	30
2.4.3	Uji Kesesuaian Distribusi.....	32
2.4.4	Analisis Debit Rancangan	36
2.4.5	Penelusuran Banjir	43
2.5	Pengertian Drainase	44
2.5.1	Sistem Ecodrainage.....	44
2.6	Penerapan Daerah Konservasi Tanah dan Air	45
2.6.1	Metode Vegetatif.....	47
2.7	Kolam Retensi.....	51
2.7.1	Pengertian Kolam Retensi.....	51
2.7.2	Fungsi Kolam Retensi	52
2.7.3	Tipe-Tipe Kolam Retensi	52
2.8	Sumur Resapan	55
2.8.1	Fungsi Dan Kegunaan Sumur Resapan.....	56
2.8.2	Prinsip Kerja Sumur Resapan	57
2.8.3	Perencanaan Sumur Resapan.....	58
2.8.4	Konstruksi Sumur Resapan	60
2.9	Aspek Lingkungan	61
2.10	Aspek Pembiayaan.....	63

BAB 3 METODA PENELITIAN

3.1	Pola Pikir Pelaksanaan Studi	65
3.2	Studi Literatur	66
3.3	Pengumpulan Data dan Survey Lapangan	66
3.4	Analisa dan Pembahasan.....	69

3.5	Kesimpulan dan Saran	70
3.6	Diagram Alir Tahapan Pengerjaan Penelitian	71

BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1	Analisa Curah Hujan	73
4.1.1	Curah Hujan Harian Maksimum.....	73
4.1.2	Uji Konsistensi Data	74
4.2	Analisa Curah Hujan Rerata Daerah Dengan Metode <i>Poligon Thiessen</i>	80
4.3	Analisa Curah Hujan Rancangan.....	83
4.3.1	Metode Distribusi <i>Log Pearson Type III</i>	83
4.4	Uji Kesesuaian Distribusi	86
4.4.1	Uji Distribusi <i>Smirnov Kolmogorov</i>	87
4.4.2	Uji <i>Chi Square</i>	90
4.5	Analisa Hidrograf Debit Banjir Rancangan	94
4.5.1	Pola Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman.....	94
4.5.2	Koefisien Limpasan	95
4.5.3	Distribusi Curah Hujan Netto Jam-Jaman.	96
4.5.4	Estimasi Debit Banjir Rancangan.....	97
4.6	Aspek Teknik.....	106
4.6.1	Pengurangan Debit Dengan Skenario Perubahan Tata Guna Lahan dan Kolam Retensi (Alternatif 1)	106
4.6.2	Pengurangan Debit Dengan Skenario Perubahan Tata Guna Lahan dengan Sumur Resapan (Alternatif 2)	129
4.7	Aspek Lingkungan.....	137
4.7.1	Pasca Konstruksi (Operasional dan Pemeliharaan)	138

4.8	Aspek Pembiayaan.....	140
4.8.1	Perhitungan Biaya Konservasi Metode Vegetatif	141
4.8.2	Perhitungan Biaya Konservasi Metode Mekanik (Kolam Retensi)	142
4.8.3	Perhitungan Biaya Konservasi Metode Mekanik (Sumur Resapan).....	144
4.8.4	Besar Biaya Masing – Masing Alternatif.....	144
4.9	Pemilihan Alternatif Dalam Upaya Mengurangi Debit Banjir	145
4.10	Strategi Untuk Mencapai Masing – Masing Alternatif.....	146

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	153
5.2	Saran	154

DAFTAR PUSTAKA	155
-----------------------	------------

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Peta Administrasi DAS sungai Kamoning	11
Gambar 2. 2	Peta Topografi DAS Sungai Kamoning	13
Gambar 2. 3	Peta Tata Guna Lahan DAS Sungai Kamoning	15
Gambar 2. 4	Peta Jenis Tanah DAS Sungai Kamoning	17
Gambar 2. 5	Peta Kelerengan DAS Sungai Kamoning	19
Gambar 2. 6	Zona Rawan Banjir di DAS Sungai Kamoning	23
Gambar 2. 7	Metode <i>Poligon Thiessen</i>	28
Gambar 2. 8	Metode garis <i>Isohyet</i>	28
Gambar 2. 9	Hidrograf satuan sintetis Nakayasu.....	41
Gambar 2. 10	Kolam Retensi Tipe di Samping Badan Sungai	52
Gambar 2. 11	Kolam Retensi Di Dalam Badan Sungai	52
Gambar 2. 12	Kolam Retensi Tipe Storage Memanjang	53
Gambar 2. 13	Sumur resapan dangkal	54
Gambar 2. 14	Sumur resapan dalam	55
Gambar 2. 15	Prinsip kerja sumur resapan	57
Gambar 3. 1	Batas wilayah kajian penelitian.....	67
Gambar 4. 1	Grafik Uji Konsistensi Stasiun Robatal	76
Gambar 4. 2	Grafik Uji Konsistensi Stasiun Karang Penang	77
Gambar 4. 3	Grafik Uji Konsistensi Stasiun Sampang	78
Gambar 4. 4	Grafik Uji Konsistensi Stasiun Omben	79
Gambar 4. 5	Grafik Uji Konsistensi Stasiun Kedungdung	80
Gambar 4. 6	Hasil Pembuatan Poligon Thiessen	81

Gambar 4. 7	Ordinat Unit Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu	103
Gambar 4. 8	Grafik Hidrograf Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu Kala Ulang 50 Tahun DAS Sungai Kamoning	106
Gambar 4. 9	Fluktuasi Debit Inflow dan Outflow di Atas Pelimpah Dengan Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 50 Tahun	116
Gambar 4. 10	Lokasi Penempatan Kolam Retensi Pada Zona Hulu DAS Sungai Kamoning	125
Gambar 4. 11	Lokasi Penempatan Kolam Retensi Pada Zona Tengah DAS Sungai Kamoning	127
Gambar 4. 12	Peta Kawasan Perubahan Tata Guna Lahan, Kolam Retensi dan Sumur Resapan Di Sub DAS Hulu Sungai Kamoning.....	133
Gambar 4. 13	Peta Kawasan Perubahan Tata Guna Lahan, Kolam Retensi dan Sumur Resapan Di Sub DAS Tengah Sungai Kamoning.....	135

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Pemilihan Metode Frekuensi	30
Tabel 2. 2	Nilai Δ Kritis untuk Uji <i>Smirnov-Kolmogorof</i>	33
Tabel 2. 3	Nilai χ^2 Kritis untuk Uji <i>Chi Square</i>	35
Tabel 2. 4	Koefisien Pengaliran.....	38
Tabel 2. 5	Nilai Koefisien permeabilitas tanah.....	58
Tabel 4. 1	Tinggi Curah Hujan Harian Maksimum	74
Tabel 4. 2	Perhitungan Uji Konsistensi Curah Hujan di Stasiun Robatal Terhadap Rerata Curah Hujan di Stasiun Karang Penang, Sampang, Omben dan Kedungdung.	75
Tabel 4. 3	Perhitungan Uji Konsistensi Curah Hujan di Stasiun Karang Penang Terhadap Rerata Curah Hujan di Stasiun Robatal, Sampang, Omben dan Kedungdung.	76
Tabel 4. 4	Perhitungan Uji Konsistensi Curah Hujan di Stasiun Sampang Terhadap Rerata Curah Hujan di Stasiun Robatal, Karang Penang, Omben dan Kedungdung.	77
Tabel 4. 5	Perhitungan Uji Konsistensi Curah Hujan di Stasiun Omben Terhadap Rerata Curah Hujan di Stasiun Robatal, Karang Penang, Sampang dan Kedungdung.	78
Tabel 4. 6	Perhitungan Uji Konsistensi Curah Hujan di Stasiun Kedungdung Terhadap Rerata Curah Hujan di Stasiun Robatal, Karang Penang, Sampang dan Omben.	79
Tabel 4. 7	Luas Daerah Pengaruh Masing – Masing Stasiun Penakar Hujan.....	82
Tabel 4. 8	Perhitungan Hujan Rerata Daerah DAS Sungai Kamoning	83
Tabel 4. 9	Perhitungan Distribusi Log Pearson Tipe III.....	85
Tabel 4. 10	Perhitungan Hujan Rancangan dengan Berbagai Kala Ulang	86

Tabel 4. 11	Peluang dari setiap data hujan.....	87
Tabel 4. 12	Nilai K untuk mencari nilai Pr	88
Tabel 4. 13	Uji Kesesuaian Distribusi <i>Smirnov Kolmogorov</i> untuk <i>Log Pearson Type III</i>	88
Tabel 4. 14	Tabel Nilai kritis Δ_0 untuk uji <i>Smirnov Kolmogorov</i>	89
Tabel 4. 15	Keputusan Uji Distribusi <i>Smirnov Kolmogorov</i>	89
Tabel 4. 16	Data Yang Telah Diurutkan	91
Tabel 4. 17	Perhitungan Batas Kelas.....	91
Tabel 4. 18	Uji <i>Chi-Square</i> Distribusi <i>Log Pearson Type III</i>	92
Tabel 4. 19	Keputusan Uji Distribusi <i>Chi Square</i>	93
Tabel 4. 20	Distribusi Hujan Jam-jaman.....	95
Tabel 4. 21	Koefisien Limpasan DAS Sungai Kamoning.....	96
Tabel 4. 22	Perhitungan Curah Hujan Efektif	97
Tabel 4. 23	Waktu Lengkung Hidrograf Nakayasu	98
Tabel 4. 24	Ordinat Lengkung Naik HSS Nakayasu.....	99
Tabel 4. 25	Ordinat Lengkung Turun Tahap 1 HSS Nakayasu.....	99
Tabel 4. 26	Ordinat Lengkung Turun Tahap 2 HSS Nakayasu.....	100
Tabel 4. 27	Ordinat Lengkung Turun Tahap 3 HSS Nakayasu.....	101
Tabel 4. 28	Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu dengan Kala Ulang 50 Tahun	104
Tabel 4. 29	Skenario Jenis Penggunaan Lahan Yang Dirubah Menjadi Hutan.	107
Tabel 4. 30	Hasil Skenario Alih Fungsi Lahan	108
Tabel 4. 31	Koefisien Limpasan Setelah Alih Fungsi Lahan.....	108
Tabel 4. 32	Perhitungan Curah Hujan Efektif Setelah Alih Fungsi Lahan	109

Tabel 4. 33	Perhitungan Debit Banjir Rancangan HSS Nakayasu Kala Ulang 50 Tahun Setelah Alih Fungsi Lahan	110
Tabel 4. 34	Penurunan Debit Banjir Rancangan HSS Nakayasu Setelah Alih Fungsi Lahan dengan Penggunaan Lahan Eksisting.....	112
Tabel 4. 35	Hubungan Elevasi dan Tampungan Debit (H-S-Q) pada Debit Keluar (<i>outflow</i>) Kolam Retensi	113
Tabel 4. 36	Perhitungan Debit Keluar (<i>Outflow</i>) Kala Ulang 50 Tahun dari Tampungan	114
Tabel 4. 37	Penurunan Debit Banjir Setelah Adanya Alternatif I	116
Tabel 4. 38	Prosentase Reduksi Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 50 Tahun Setelah Menggunakan Alternatif 1	116
Tabel 4. 39	Lokasi Penempatan Kolam Retensi Pada Zona Hulu DAS Sungai Kamoning.....	118
Tabel 4. 40	Lokasi Penempatan Kolam Retensi Pada Zona Tengah DAS Sungai Kamoning.....	119
Tabel 4. 41	Hasil Pengurangan Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 50 Tahun Dengan Menggunakan Alternatif II.....	132
Tabel 4. 42	Prosentase Reduksi Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 50 Tahun Setelah Menggunakan Alternatif 2	132
Tabel 4. 43	Analisa Biaya Penanaman Pohon Sengon per Hektar	141
Tabel 4. 44	Analisa anggaran biaya pembuatan 1 kolam retensi.....	142
Tabel 4. 45	Analisa anggaran biaya pembuatan 1 unit sumur resapan	144
Tabel 4. 46	Besar biaya yang dibutuhkan masing – masing alternatif	145
Tabel 4. 47	Perbandingan Masing – Masing Alternatif.....	145
Tabel 4. 48	Strategi Yang Dilakukan Untuk Mencapai Masing-Masing Alternatif.....	149

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai Kamoning merupakan salah satu sungai besar yang melewati sebagian wilayah di Kabupaten Sampang. Sebagaimana yang terjadi pada sungai Kamoning, sungai telah memberi manfaat pada masyarakat yang bertempat tinggal di sekitar sungainya. Namun pada saat musim penghujan, sungai yang utamanya memberi manfaat untuk masyarakat menjadi sebuah bencana dimana banjir disebabkan meluapnya Sungai Kamoning karena tidak mampu menerima debit air dari kawasan hulu sungai kamoning (BPBD Kabupaten Sampang, 2016).

Berbagai potensi produksi dan aset masyarakat hanyut dan lenyap dalam sekejap tersapu akibat bencana banjir yang di akibatkan oleh meluapnya sungai Sungai Kamoning tersebut. Tidak hanya tanaman atau harta bergerak lainnya, tetapi juga lahan sawah yang selama ini menjadi sumber penghidupan petani berubah menjadi badan sungai. Sebaliknya, apabila musim kemarau sungai Sungai Kamoning mengalami kekeringan sehingga debit air yang ada di sungai Sungai Kamoning sangat berkurang. Hampir di daerah hulu DAS sungai Sungai Kamoning pada saat musim kemarau banyak mengalami krisis air. Seperti kebanyakan kejadian banjir, banjir yang terjadi di sekitar sungai Kamoning telah menimbulkan banyak kerugian baik material maupun non material.

Banjir yang terjadi hampir setiap tahun di Kabupaten Sampang khususnya di Kecamatan Sampang terjadi karena debit air hujan yang sudah tidak dapat ditampung oleh Sungai Kamoning sehingga meluap. Hampir semua kelurahan/Desa di Kecamatan Sampang terkena dampak meluapnya Sungai Kamoning. Ada 3 Kelurahan dan 6 Desa yang akan terdampak banjir akibat luapan Sungai Kamoning, ketiga Kelurahan masing – masing yaitu Kelurahan Dalpenang, Kelurahan Rongtengah dan Kelurahan Gunung Sekar sedangkan keenam Desa yang terkena dampak yaitu Desa Kamoning, Desa Pangelen, Desa Pasesan, Desa Tanggumung, Desa Panggung serta Desa Gunung Maddah dengan ketinggian air

rata – rata 50 – 100 cm (BPBD Kabupaten Sampang, 2016). Sebaliknya pada musim kemarau pada wilayah hulu Sungai Kamoning mengalami kekeringan. Faktor tidak maksimalnya bangunan – bangunan tangkapan air hujan di daerah hulu Sungai Kamoning juga berpengaruh terhadap besarnya debit air sungai sehingga mengakibatkan air hujan yang jatuh tidak bisa tertampung di daerah hulu melainkan langsung melimpas di permukaan (*run-off*). Menurut hasil pemetaan yang dilakukan oleh BPBD Kabupaten Sampang, sebanyak 46 Desa dengan tersebar pada 12 Kecamatan masih berpotensi mengalami kekeringan pada musim kemarau tahun ini (BPBD Kabupaten Sampang, 2016)

Dari permasalahan tersebut konservasi sumber daya air merupakan salah satu cara untuk mengurangi dampak terjadinya banjir yang terjadi di suatu wilayah. Tujuan utama dari konservasi sumber daya air sendiri adalah menjaga keberadaan daya dukung, daya tampung, dan fungsi sumber daya air yang dilakukan melalui pelestarian, pengelolaan, pengendalian dan pemanfaatan sumber daya air dengan mengacu pada peraturan – peraturan yang telah ditetapkan tentang sumber daya air. Sedangkan untuk mengatasi kekeringan, maka salah satu strategi yang paling murah, cepat dan efektif serta hasilnya langsung terlihat adalah dengan memanen aliran permukaan dan air hujan di musim penghujan melalui *water harvesting*. Teknologi ini sudah berkembang sangat pesat dan luas tidak saja di negara maju seperti Eropa, Amerika dan Australia, melainkan juga di negara seperti China yang padat penduduk dan luas pemilikan lahannya sangat terbatas.

Upaya *water harvesting* yang dibarengi dengan memperbesar daya simpan air tanah di sungai, waduk dan danau yang akan dapat menjaga pasokan sumber-sumber air untuk keperluan pertanian, domestik, municipal dan industri. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memanfaatkan limpahan air hujan adalah dengan membangun embung

Menurut Suripin (2004), berdasarkan fungsinya fasilitas penahan air hujan terdapat dua pola penahan air hujan, yaitu : pola detensi (menampung air sementara) dan pola retensi (meresapkan). Oleh karena itu, mengingat peristiwa banjir di Kabupaten Sampang yang sering kali terjadi maka dibutuhkan adanya suatu upaya dalam mengurangi dampak negatif perilaku banjir pada sungai tersebut. Serta

memberi acuan dalam penanganan konservasi sumber daya air sehingga sumber daya air yang berada di sungai Sungai Kamoning dapat terjaga dan terkontrol dengan baik.

Di samping hal tersebut di atas menurut Permen PU No 12 Tahun 2014 tentang penyelenggaraan sistem drainase perkotaan, salah satu cara mengurangi dampak banjir yaitu konsep drainase berwawasan lingkungan (*ecodrainage*), dimana upaya mengelola kelebihan air dengan cara meresapkan air limpasan sebanyak-banyaknya kedalam tanah secara alamiah atau mengalirkan air ke sungai tanpa melampaui batas kapasitas sungai. Salah satu konsep drainase berwawasan lingkungan yaitu upaya konservasi sumber daya air yang dapat memberikan manfaat dari masalah tersebut antara lain dengan konservasi metode vegetatif yaitu dengan memperbanyak vegetasi sebagai daerah resapan air dan dengan konservasi secara mekanik dengan pembuatan kolam tampungan air hujan pada daerah hulu DAS Sungai Kamoning.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang ada, dapat diuraikan rumusan masalah yang ada dalam penelitian ini adalah banjir yang disebabkan oleh meluapnya Sungai Kamoning. Adapun sebab dari meluapnya sungai Sungai Kamoning yaitu intensitas hujan yang tinggi di wilayah hulu dan wilayah tengah DAS Sungai Kamoning. Untuk itu perlu dilakukan Upaya yang harus dilakukan dalam mengurangi potensi banjir yang ditinjau dari aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek pembiayaan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari adanya penelitian ini adalah:

1. Menganalisis debit banjir rancangan dengan kala ulang 50 tahun sebagai acuan debit rencana dalam perencanaan DAS Sungai Kamoning
2. Menganalisis besar penurunan debit banjir dengan beberapa alternatif menggunakan sistem *ecodrainase* berupa konservasi metode vegetasi dan

konservasi metode mekanik dalam upaya mengurangi debit banjir sehingga dapat mengurangi potensi banjir.

3. Menentukan sistem *ecodrainage* yang layak dan efektif dari hasil alternatif sehingga dapat mengurangi potensi banjir dan sumber daya air yang berada di hulu DAS Sungai Kamoning bisa terjaga dan terkontrol terutama dibagian tengah dan hulu DAS.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini meliputi:

1. Wilayah penelitian dibatasi pada wilayah DAS Sungai Kamoning bagian hulu yang memberi dampak pada banjir di daerah hilir DAS Sungai Kamoning.
2. Lingkup materi penelitian ini dibahas dengan tiga aspek yaitu:
 - a. Aspek teknis menganalisa besar debit banjir rancangan periode ulang 50 tahun yang dapat direduksi dengan dua alternatif, yaitu:
 - ✓ Alternatif 1 pengurangan debit banjir rancangan dengan konservasi metode vegetatif berupa perubahan tata guna lahan dan metode mekanik berupa pembuatan kolam retensi di wilayah hulu dan tengah DAS Sungai Kamoning
 - ✓ Alternatif 2 pengurangan debit banjir rancangan dengan konservasi metode vegetatif berupa perubahan tata guna lahan dan metode mekanik berupa pembuatan sumur resapan di daerah permukiman di wilayah hulu dan tengah DAS Sungai Kamoning.
 - b. Aspek lingkungan, membahas tentang dampak yang terjadi terhadap lingkungan setelah konstruksi atau pascakonstruksi oleh konservasi metode vegetatif, dan mekanik .
 - c. Aspek pembiayaan membahas besar biaya yang di butuhkan dari masing – masing alternatif.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari pembahasan masalah ini adalah diharapkan dapat memberikan alternatif sistem *ecodrainage* yang layak dalam mengurangi potensi banjir, terutama di Kabupaten Sampang. Selain itu manfaat dari sistem *ecodrainage* yaitu menjaga berlangsungnya sumber daya air dan sebagai acuan untuk pemerintah dalam perencanaan mengurangi potensi banjir sehingga dapat mengurangi dampak terhadap lingkungan karena adanya banjir.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Lokasi Studi

Studi penelitian ini terletak di Kabupaten Sampang tepatnya di DAS Sungai Sungai Kamoning, dimana DAS sungai Kamoning merupakan salah satu DAS yang berada di wilayah kabupaten sampang yang meliputi lima wilayah kecamatan di Kabupaten Sampang antara lain : Kecamatan Sampang, Kecamatan Kedungdung, Kecamatan Robatal, Kecamatan Karang Penang dan Kecamatan Omben. Dari lima Kecamatan yang masuk wilayah DAS sungai Kamoning, dua Kecamatan yang sangat berpengaruh terhadap masalah banjir di daerah hilir DAS Sungai Kamoning, yaitu Kecamatan Kedungdung dan Kecamatan Robatal. Peta batas DAS dalam wilayah administrasi Kabupaten Sampang dapat dilihat pada Gambar 2.1.

2.1.1 Kondisi Geografis.

Daerah Aliran Sungai Kamoning mempunyai batas geografis dengan letak lintang $7^{\circ} 10' - 7^{\circ} 20'$ lintang selatan dan letak bujur $113^{\circ} 13' 28'' - 113^{\circ} 23' 74''$ bujur timur. Sungai yang terdapat di Kabupaten Sampang sebagian besar merupakan sungai musiman yang ada airnya pada musim penghujan. Sungai Kamoning sebagai badan air penerima dari anak – anak sungai melintas di tengah Kecamatan Sampang. Pembagian DAS Sungai Kamoning dibagi menjadi tiga Sub DAS antara lain :

1. Sub DAS Hulu,
2. Sub DAS Tengah dan
3. Sub DAS Hilir.

2.1.2 Kondisi Iklim

Kondisi iklimnya termasuk iklim tropis dengan dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Angin dari barat laut, bertiup pada bulan Nopember sampai April yang mengakibatkan musim hujan, sedangkan angin dari arah tenggara bertiup pada bulan Oktober sampai April yang mengakibatkan musim kering.

Klasifikasi curah hujan di kabupaten Sampang:

1. Curah hujan < 1.500 mm, umumnya terjadi di daerah pesisir,
2. Curah hujan $1.500 - 1.750$ mm, terjadi di bagian utara dan selatan membujur dari barat ke timur,
3. Curah hujan $1.750 - 2.000$ mm, terjadi di bagian tengah,
4. Curah hujan > 2.000 mm, terjadi di kecamatan Tambelangan, Robatal, dan bagian selatan kecamatan Sokobanah.

Curah hujan tahunan rata-rata di DAS Kamoning berkisar antara $900 - 2400$ mm. Sungai Kamoning memiliki beberapa anak sungai yang sangat signifikan dalam memberikan kontribusi debit banjir ke Sungai Kamoning sehingga mengakibatkan terjadinya banjir di Kota Sampang.

2.1.3 Kondisi Topografi

DAS Sungai Kamoning mempunyai keadaan topografi pegunungan kapur disebelah utara yaitu Pegunungan Klompen, Dauh, Tunggul Angin dan Bakrenggu yang mempunyai ketinggian kurang lebih 200 m. Di bagian Timur lebih rendah, sedikit berbukit dengan ketinggian kurang lebih 25 . Kondisi tersebut mirip dengan di bagian barat. Di bagian selatan merupakan muara Sungai Kamoning, yaitu Selat Madura.

Di DAS Sungai Kamoning, daerah datar dengan ketinggian $0 - 30$ m tersebar di daerah pantai, yaitu di daerah Kecamatan: Sampang, dan sebagian kecil Kecamatan Omben dan Kecamatan Kedungdung. Sementara daerah dengan

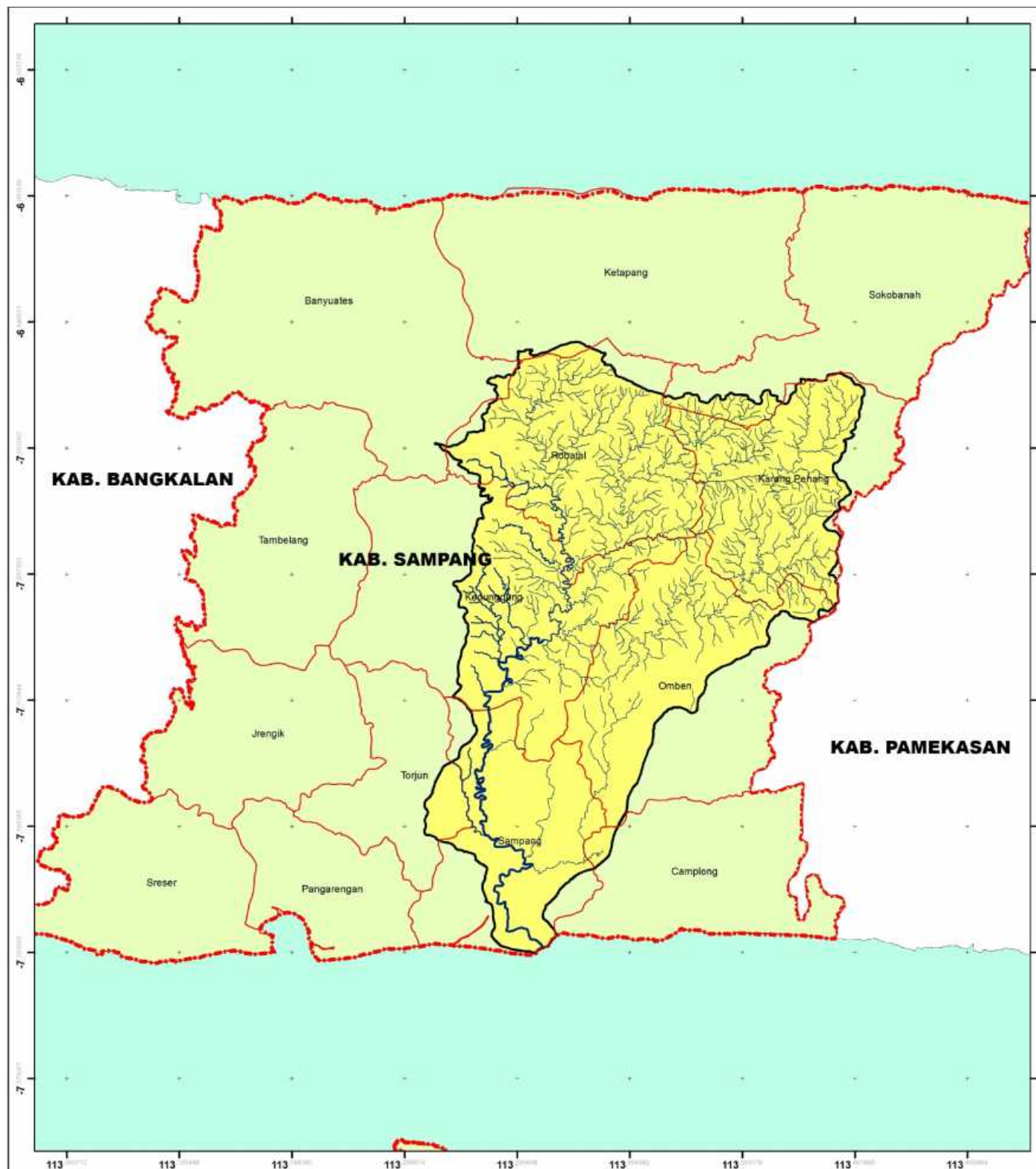
ketinggian 30 – 130 m tersebar di bagian tengah dan hulu DAS Kali Kamoning antara lain kecamatan kedungdung, kecamatan omben, kecamatan robatal serta kecamatan karang penang. Pada daerah dengan dataran tinggi dengan ketinggian 130 – 240 m berada di bagian hulu DAS Sungai Kamoning yaitu kecamatan robatal dan kecamatan karang penang, sebagian kecil berada di kecamatan omben. Berdasarkan letak tempat di permukaan bumi, maka DAS sungai Kamoning terletak antara 0 – 240 m dari permukaan laut. Ketinggian dari permukaan laut merupakan salah satu faktor yang menentukan jenis usaha penduduk. Oleh karena itu, ketinggian dipakai salah satu penentu batas-batas wilayah tanah usaha. Untuk melihat kondisi topografi DAS Sungai Kamoning dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Penggunaan lahan di DAS Sungai Kamoning yang memiliki luasan besar meliputi kawasan: pertanian lahan kering (tegalan, ladang, dan sejenisnya) dengan prosentase sebesar 58%, pertanian lahan basah (sawah irigasi dan sawah tadah hujan sebesar 25%, permukiman sebesar 16%, dan ladang garam dan lain – lainnya sebesar 2%. Dominasi penggunaan lahan pertanian, terutama pertanian lahan kering tersebar pada bagian tengah wilayah Kabupaten Sampang. Wilayah selatan penggunaan lahannya cukup kompleks dan variatif. Kawasan ladang garam juga tersebar di wilayah selatan, sementara wilayah utara pemanfaatannya lebih didominasi untuk pekarangan, padang rumput, dan beberapa bagian berupa lahan terbuka. Kondisi tata guna lahan di DAS Sungai Kamoning dapat di lihat pada Gambar 2.3.

Untuk sebaran jenis tanah, secara garis besar jenis tanah yang terdapat di DAS Sungai Kamoning meliputi *aluvial*, *litosol*, *aluvial* kelabu kekuningan, kompleks *mediteran-grumusol-litosol*, *asosiasilitosol* dan *mediteran* coklat kemerahan, *grumusol* kelabu, kompleks *mediteran* merah dan *litosol*, kompleks *grumusol* kelabu dan *litosol*, serta asosiasi *hidromorf* kelabu dan *planosol* coklat kelabuan. Kondisi jenis tanah pada DAS Sungai Kamoning dapat dilihat pada Gambar 2.4.

Sedangkan tingkat kelerengan di DAS Sungai Kamoning bervariasi antara datar, bergelombang, curam dan sangat curam dengan tingkat kelerengan 0 – 40% dimana klasifikasi kelerengan tanah tersebut adalah sebagai berikut ini :

- Kelerengan 0-15 % meliputi luas 24.839,79 Ha atau 72,37 % dari luas wilayah keseluruhan DAS Sungai Kamoning, pada wilayah ini sangat baik untuk pertanian tanaman semusim.
- Kelerengan 15-25 % meliputi luas 7.400,11 Ha atau 21,56 % dari luas wilayah keseluruhan, baik sekali untuk usaha pertanian dengan tetap mempertahankan usaha pengawetan tanah dan air. Selain itu pada kemiringan ini cocok juga untuk konstruksi/ permukiman.
- Kelerengan 25-40 % meliputi luas 1.558,28 Ha atau 4,54 % dari luas wilayah keseluruhan. Daerah tersebut baik untuk pertanian tanaman keras/tahunan, karena daerah tersebut mudah terkena erosi dan kapasitas penahan air yang rendah. Karenanya lahan ini pun tidak cocok untuk konstruksi.
- Kelerengan >40 % meliputi luas 525,15 Ha atau 1,53 % dari luas wilayah keseluruhan. Daerah ini termasuk kedalam kategori kemiringan yang sangat terjal (curam) dengan lahan pada kemiringan ini termasuk lahan konservasi karena sangat peka terhadap erosi, biasanya berbatu diatas permukaannya, memiliki run off yang tinggi serta kapasitas penahan air yang rendah. Karenanya lahan ini tidak cocok untuk konstruksi. Daerah ini harus merupakan daerah yang dihutankan agar dapat berfungsi sebagai perlindungan hidrologis serta menjaga keseimbangan ekosistem dan lingkungan. Tingkat kelerengan DAS Sungai Kamoning dapat dilihat pada Gambar 2.5.



MAGISTER TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Penerapan Sistem Ecodrainage Dalam Mengurangi
Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)

JUDUL GAMBAR

**Peta Batas DAS Sungai Kamoning Dalam
Wilayah Administrasi Kabupaten Sampang**

Keterangan :

- Batas Kabupaten
- Batas Kecamatan
- Batas DAS Sungai Kamoning
- Sungai

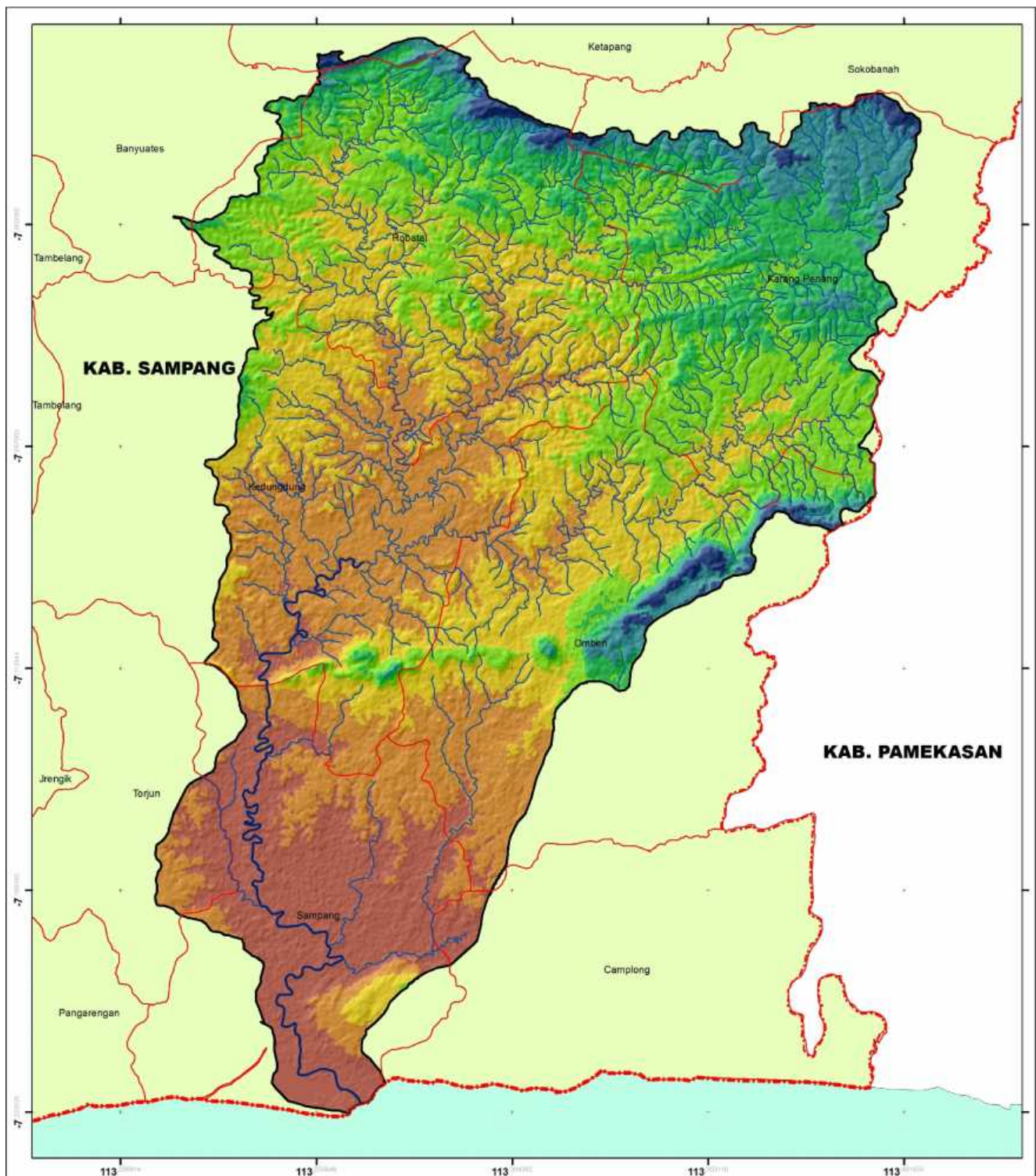
No Gambar :

2.1



0 1 2 1
Km

Skala 1:175.000



MAGISTER TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Penerapan Sistem Ecodrainage Dalam Mengurangi
Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)

JUDUL GAMBAR

Peta Topografi DAS Sungai Kamoning

Keterangan :

- Batas Kabupaten
- Batas Kecamatan
- Sungai

Ketinggian

- | | | |
|---|---|---|
| - 6 s/d 20 m | 80 s/d 110 m | > 170 m |
| 20 s/d 50 m | 110 s/d 140 m | |
| 50 s/d 80 m | 140 s/d 170 m | |

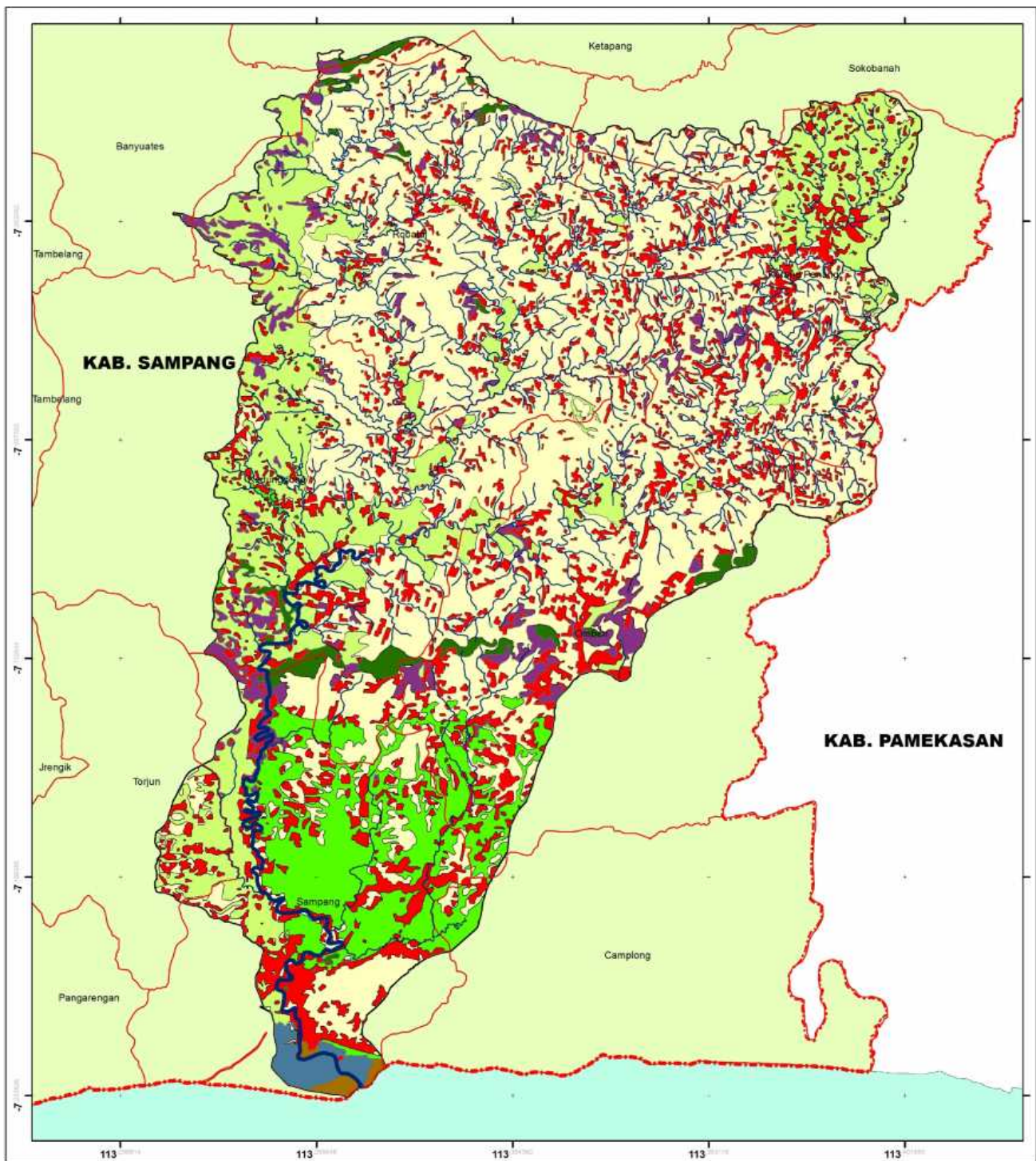
No Gambar :

2.2

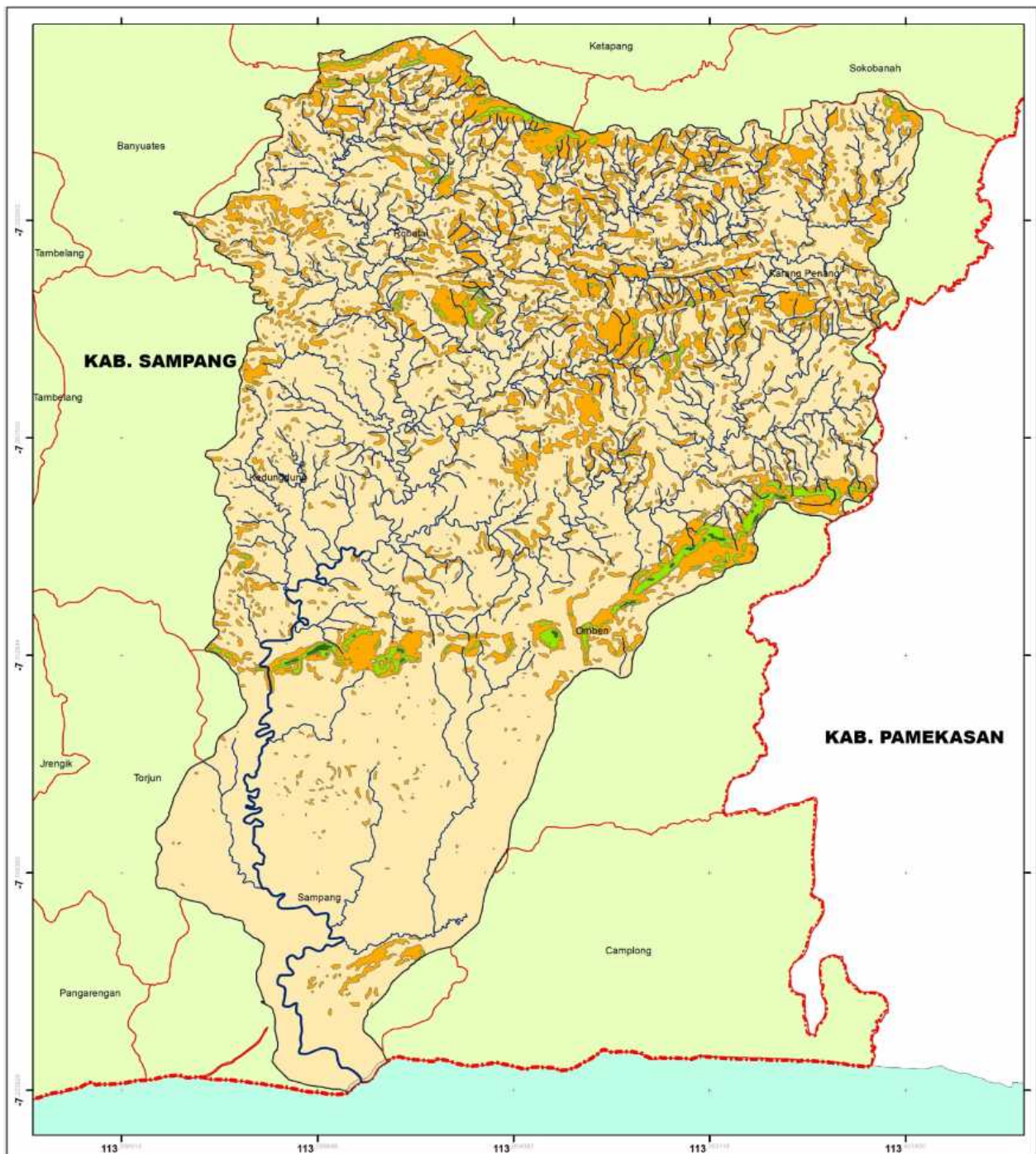


1 30 2 1 2 km

Skala 1:100.000



	MAGISTER TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Keterangan : <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> Batas Kabupaten </div> <div style="text-align: center;"> Batas Kecamatan </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 5px;"> Sungai </div>	No Gambar : <div style="text-align: center; font-size: 1.2em; font-weight: bold;">2.3</div>
JUDUL TESIS Penerapan Sistem Ecodrainage Dalam Mengurangi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)		JENIS PENGGUNAAN LAHAN <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <div style="text-align: center; margin-bottom: 5px;"> Danau/Bendungan</div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 5px;"> Hutan Produktif</div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 5px;"> Kebun</div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 5px;"> Ladang / Tanah Kosong</div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 5px;"> Pemukiman </div> </div> <div style="width: 48%;"> <div style="text-align: center; margin-bottom: 5px;"> Penggarapan</div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 5px;"> Rawa/Hutan Rawa</div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 5px;"> Sawah Irigasi</div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 5px;"> Sawah Tadah Hujan </div> </div> </div>	
JUDUL GAMBAR Peta Tata Guna Lahan DAS Sungai Kamoning		<div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 5px;"> </div> <div style="text-align: center; font-weight: bold;">Skala 1:100.000</div>	



MAGISTER TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS

Penerapan Sistem Ecodrainage Dalam Mengurangi
Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)

JUDUL GAMBAR

**Peta Tingkat Kelerengan
DAS Sungai Kamoning**

Keterangan :

Batas Kabupaten

Sungai

Batas Kecamatan

Tingkat Kelerengan

0 - 2 %

2 - 15 %

15 - 25 %

25 - 40 %

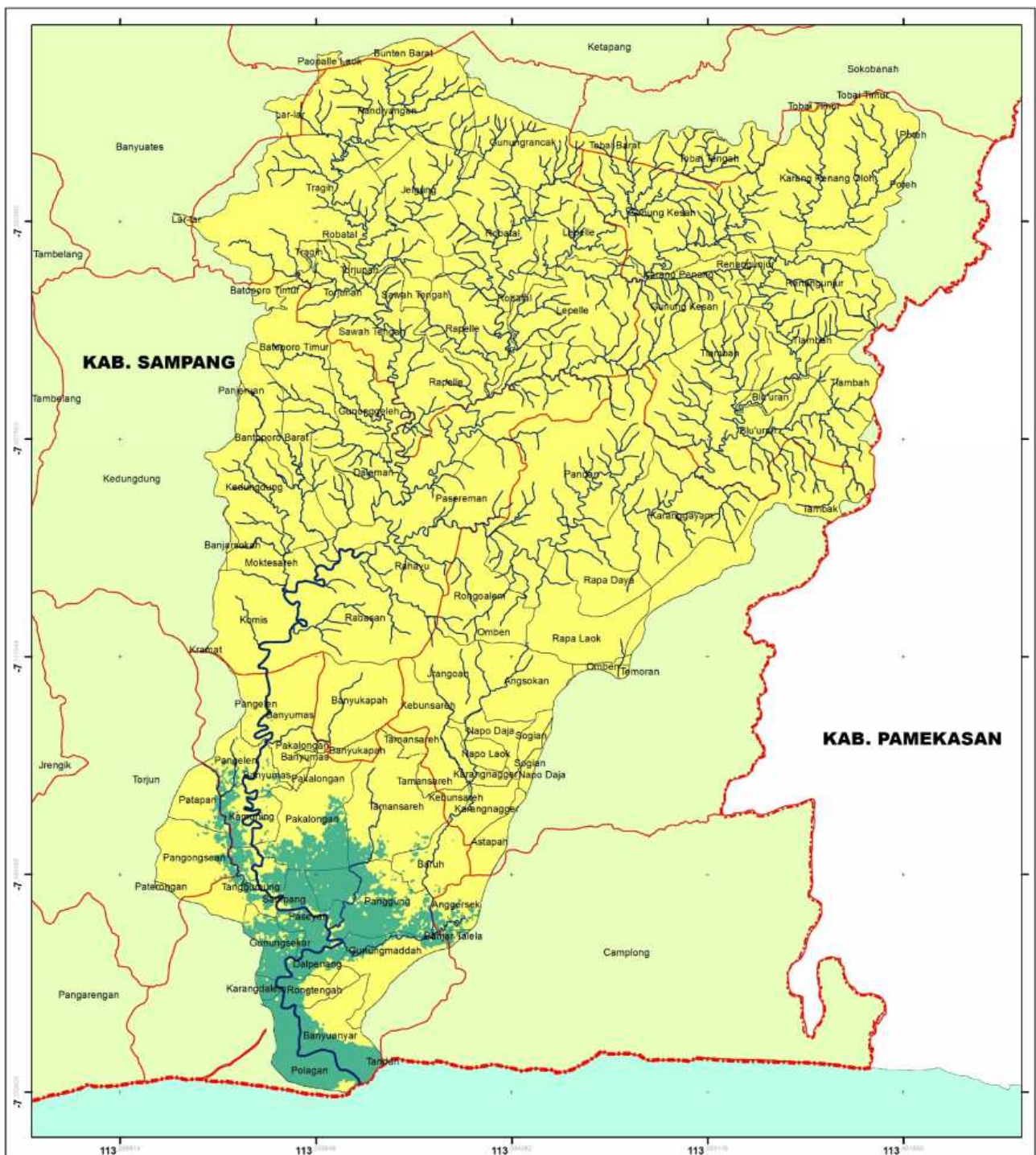
No Gambar :

2.5



1 0.5 1 2

Skala 1:100.000



	MAGISTER TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	Keterangan :	No Gambar :
		Batas Kabupaten	2.6
		Batas Kecamatan	
		Batas DAS Sungai Kamoning	
		Sungai	
		Zona Rawan Banjir	
JUDUL TESIS Penerapan Sistem Ecodrainage Dalam Mengurangi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)		JUDUL GAMBAR Peta Zona Rawan Banjir DAS Sungai Kamoning	
			Skala 1:100.000

2.2 Permasalahan Banjir di Wilayah DAS Sungai Kamoning

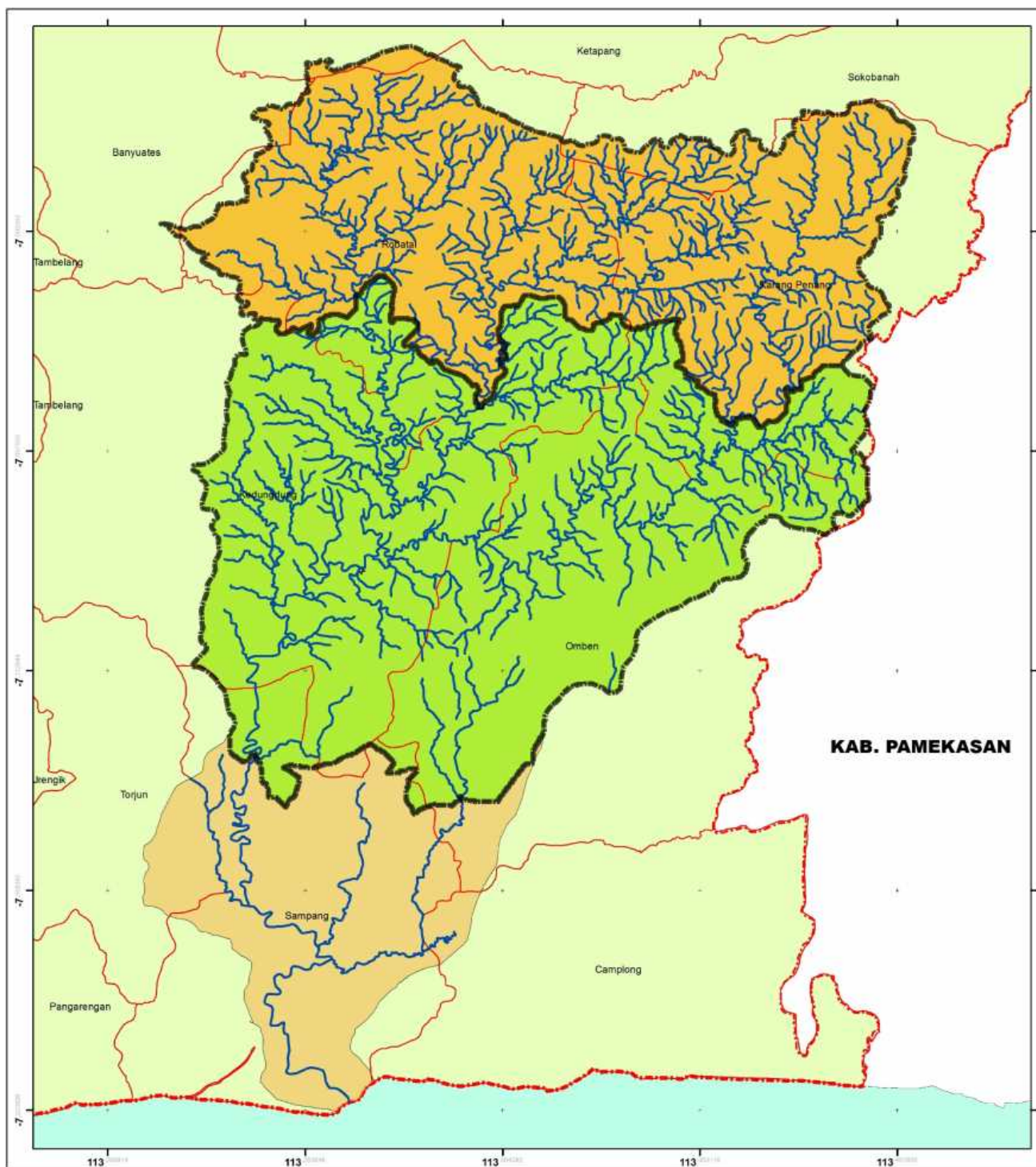
Berdasarkan dari hasil studi Penyusunan Grand Desain Pengendalian dan Penanggulangan Banjir 2014, banjir yang terjadi di Kabupaten Sampang disebabkan oleh:







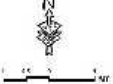
1. Tingginya curah hujan.
2. Penampang Sungai Kamoning yang tidak mampu menampung debit banjir,
3. Morfologi Sungai Kamoning yang berkelok-kelok,
4. Kurang tertatanya sistem drainase.
5. Anak-anak sungai juga memberikan kontribusi bagi kejadian banjir yang masuk ke Kecamatan Sampang.

Tercatat sudah beberapa kali kejadian banjir besar yaitu tahun 1980, tahun 1991, tahun 2002, dan tahun 2013. Genangan yang terjadi pada saat banjir tahun 2002 diperkirakan antara 1,5 meter sampai 5,5 meter dengan luas areal genangan mencakup Desa Pasean, Kelurahan Dalpenang, Kelurahan Gunung Sekar, Kelurahan Rongtengah, dan Desa Gunung Madah. Dari data tinggi muka air di alat ukur duga muka air (AWLR) Pangelen di Desa Banyumas menunjukkan pada kondisi banjir terbesar tersebut tinggi muka air banjir mencapai 8,5 meter dengan debit banjir yang terjadi sekitar 542,12 m³/det. Daerah yang terdampak banjir dapat dilihat pada Gambar 2.6.

Dari kejadian tersebut maka perlu adanya upaya meminimalisir terjadinya potensi banjir di DAS Sungai Kamoning terutama di daerah yang terkena Dampak Banjir. Melalui kajian ini upaya untuk mengurangi potensi banjir yang terjadi di DAS Sungai Kamoning adalah dengan melakukan pengurangan debit air limpasan permukaan yang langsung masuk ke badan sungai DAS Sungai Kamoning. Kerusakan DAS pada wilayah hulu dan tengah sangat mempengaruhi tingkat terjadinya banjir di wilayah hilir. Oleh sebab itu upaya mengurangi debit banjir melalui sistem ekodrainase berupa konservasi metode vegetatif dan konservasi metode mekanik dilakukan pada wilayah hulu dan wilayah tengah DAS Sungai Kamoning.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



 <p>MAGISTER TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	<p>Keterangan :</p> <ul style="list-style-type: none">  Batas Administrasi Kecamatan Sampang  Batas Wilayah Kajian  Sungai  Sub DAS Hulu  Sub DAS Tengah  Sub DAS Hilir 	No Gambar
<p>JUDUL TESIS</p> <p>Penerapan Sistem Ecodrainage Dalam Mengurangi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)</p>		<p>3.1</p>
<p>JUDUL PETA</p> <p>Peta Wilayah Kajian DAS Sungai Kamoning</p>		 <p>Skala 1:100.000</p>

2.3 Pengelolaan DAS

DAS adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama (Asdak, 2002). Pengelolaan DAS perlu mempertimbangkan aspek-aspek sosial, ekonomi, budaya, dan kelembagaan yang beroperasi di dalam dan di luar daerah aliran sungai yang bersangkutan.

Konsep pengelolaan DAS yang baik perlu didukung oleh kebijakan yang dirumuskan dengan baik pula. Dalam hal ini kebijakan yang berkaitan dengan pengelolaan DAS seharusnya mendorong dilaksanakannya praktek-praktek pengelolaan lahan yang kondusif terhadap pencegahan degradasi tanah dan air. Sasaran dan prinsip-prinsip dalam pengelolaan DAS memberikan kerangka kerja bagi pelaksanaan kegiatan-kegiatan pembangunan dalam skala DAS yang melibatkan sumberdaya lahan dan air. Praktek-praktek pengelolaan lahan dan konservasi tanah dan air meliputi aktivitas yang berdimensi keteknikan (pembuatan teras, saluran-saluran air) dan berdimensi non-keteknikan (perubahan tata guna lahan dan penutupan tajuk) yang diharapkan dapat mencapai sasaran dan tujuan dari pengelolaan DAS yang telah ditentukan.

Menurut Asdak (2002), prinsip-prinsip pengelolaan DAS yang rasional adalah sebagai berikut :

1. Mengenali hal-hal yang menjadi tuntutan mendasar untuk tercapainya usaha-usaha penyelamatan lingkungan dan sumber daya alam
2. Memasukkan atau mempertimbangkan dalam kebijakan yang akan dibuat nilai-nilai jasa lingkungan yang saat ini belum atau tidak diperhitungkan secara komersial
3. Menyelaraskan atau rekonsialisasi atas konflik-konflik kepentingan yang bersumber dari penentuan batas-batas alamiah dan batas-batas politis atau administratif

4. Menciptakan investasi (sektor swasta), peraturan-peraturan, insentif, dan perpajakan yang mengkaitkan adanya interaksi antara aktivitas tata guna lahan di daerah hulu dan kemungkinan dampak yang ditimbulkan di daerah hilir.

2.4 Analisa Hidrologi

Hujan merupakan komponen masukan yang penting dalam proses hidrologi. Analisis data hujan pada tinjauan aspek perencanaan hidrologi digunakan sebagai pendekatan dalam mengestimasi besar debit banjir yang terjadi pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Pendekatan estimasi debit banjir yang terjadi dari data hujan dilakukan apabila pada DAS yang bersangkutan tidak dilengkapi dengan alat ukur duga air (*Automatic Water Level Recorder*). Untuk memperoleh besaran hujan yang dapat dianggap sebagai kedalaman hujan yang sebenarnya terjadi di seluruh DAS, maka diperlukan sejumlah stasiun hujan yang dapat mewakili besaran hujan di DAS tersebut.

2.4.1 Curah Hujan Rerata Daerah

Untuk mendapatkan gambaran mengenai penyebaran hujan di seluruh daerah, di beberapa tempat tersebar pada DAS dipasang alat penakar hujan. Pada daerah aliran yang kecil kemungkinan hujan terjadi merata diseluruh daerah, tetapi tidak pada daerah aliran yang besar. Hujan yang terjadi pada daerah aliran yang besar tidak sama, sedangkan pos-pos penakar hujan hanya mencatat hujan di suatu titik tertentu. Sehingga akan sulit untuk menentukan beberapa hujan yang turun di seluruh areal. Hal ini akan menyulitkan dalam menentukan hubungan antara debit banjir dan curah hujan yang mengakibatkan banjir tersebut.

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau curah hujan daerah yang dinyatakan dalam satuan millimeter (Sosrodarsono & Takeda, 2003).

Terdapat tiga macam cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata pada daerah tertentu di beberapa titik pos penakar atau pencatat hujan, yaitu :

1. Metode rata-rata aljabar

Tinggi rata-rata curah hujan didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar-penakar hujan di daerah tersebut.

Curah hujan rerata daerah metode rata-rata aljabar dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \quad (2.1)$$

dimana :

d = tinggi curah hujan rata-rata daerah

d_1, d_2, \dots, d_n = tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, ..., n

n = banyaknya pos penakar

Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di daerah tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal (Soemarto, 1999).

2. Metode *Poligon Thiessen*

Cara ini digunakan jika titik-titik pengamatan di dalam daerah tersebut tidak tersebar merata. Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua buah pos penakar.

Curah hujan rerata daerah metode poligon Thiessen dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$d = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + \dots + A_n d_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A} \quad (2.2)$$

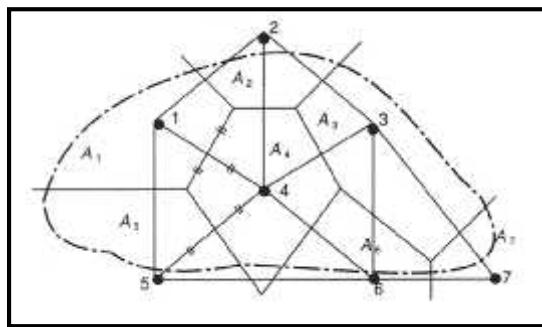
dengan :

A = luas areal

d = tinggi curah hujan rata-rata areal

d_1, d_2, \dots, d_n = tinggi curah hujan di pos 1, 2, ..., n

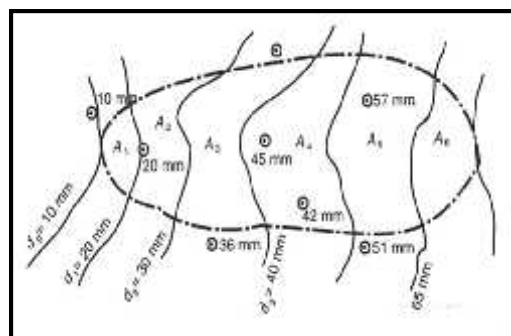
$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = luas daerah pengaruh pos 1, 2, 3, ..., n



Gambar 2. 7 Metode Poligon Thiessen (Soemarto, 1999)

3. Metode garis *isohyet*

Dengan cara ini, maka harus digambar dulu kontur dengan tinggi hujan yang sama (*isohyet*), seperti pada gambar 2.16



Gambar 2. 8 Metode garis *Isohyet* (Soemarto, 1999)

Kemudian luas bagian di antara *isohyet-isohyet* yang berdekatan diukur, dan nilai rata-ratanya dihitung sebagai nilai rata-rata timbang hitung nilai kontur, sebagai berikut :

$$d = \frac{\frac{d_0 + d_1}{2} A_1 + \frac{d_1 + d_2}{2} A_2 + \dots + \frac{d_{n-1} + d_n}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.3)$$

dengan :

A = luas areal total

d = tinggi hujan rata-rata areal

d_0, d_1, \dots, d_n = curah hujan pada *isohyet* 0,1,2, ...,n

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = luas bagian areal yang dibatasi oleh *isohyet-isohyet* yang bersangkutan

Menurut Sosrodarsono dan Takeda 2003, pada umumnya untuk menentukan metode curah hujan daerah yang sesuai adalah dengan menggunakan standar luas daerah, sebagai berikut :

1. Daerah tinjauan dengan luas 250 ha dengan variasi topografi kecil, dapat diwakili oleh sebuah alat ukur curah hujan.
2. Untuk daerah tinjauan dengan luas 250-500.00 ha yang memiliki dua atau tiga titik pengamatan dapat menggunakan metode rata-rata aljabar.
3. Untuk daerah tinjauan dengan luas 120000-500.000 ha yang mempunyai titik-titik pengamatan tersebar cukup merata dan di mana curah hujannya tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi topografi, dapat digunakan cara rata-rata aljabar. Jika titik-titik pengamatan itu tidak tersebar merata maka digunakan cara poligon Thiessen.
4. Untuk daerah tinjauan dengan luas lebih dari 500.000 ha dapat digunakan cara *isohyet* atau metode potongan antara (*inter-section method*).

2.4.2 Analisis Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan peluang tertentu. Metode analisis hujan rancangan tersebut pemilihannya sangat bergantung dari kesesuaian parameter statistik dari data yang bersangkutan, atau dipilih berdasarkan pertimbangan-pertimbangan teknis lainnya. Untuk menentukan metode yang sesuai, maka terlebih dahulu harus dihitung besarnya parameter statistik yaitu koefisien kemencengan (*skewness*) atau C_s , dan koefisien kepuncakan (*kurtosis*) atau C_k . Persamaan yang digunakan adalah (Sri Harto, 1993) :

$$C_s = \frac{n \sum (x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2.4)$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum (x - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)S^4} \quad (2.5)$$

Hasil perhitungan C_s dan C_k tersebut kemudian disesuaikan dengan syarat pemilihan metode frekuensi seperti Tabel 2.1 :

Tabel 2. 1 Pemilihan Metode Frekuensi

Jenis Metode	C_k	C_s
<i>Gumbel</i>	< 5,4002	1,1396
Normal	3,0	0
<i>Log Person Tipe III</i>	bebas	bebas

Sumber : Sri Harto, 1993

Ada berbagai macam distribusi teoritis yang kesemuanya dapat dibagi menjadi dua yaitu distribusi diskrit dan distribusi kontinyu. Yang *diskrit* adalah binomial dan *poisson*, sedangkan yang kontinyu adalah Normal, Log Normal, *Pearson* dan *Gumbel* (Soemarto, 1999).

Adapun dalam studi ini, curah hujan rancangan dihitung dengan menggunakan metode *Log Person Tipe III*, karena metode ini dapat dipakai untuk semua sebaran data tanpa harus memenuhi syarat koefisien kemencengan (*skewness*) dan koefisien kepuncakan (*kurtosis*).

Langkah-langkah perhitungan distribusi *Log Person Tipe III* adalah (Soemarto, 1999) :

1. Mengubah data curah hujan harian maksimum tahunan dalam bentuk logaritma
2. Menghitung nilai rerata logaritma dengan rumus :

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}X_i}{n} \quad (2.6)$$

dengan :

$\overline{\text{Log}X}$ = logaritma hujan rerata harian maksimum

n = banyaknya data

3. Menghitung besarnya simpangan baku (standar deviasi) dengan rumus :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^2}{n-1}} \quad (2.7)$$

4. Menghitung koefisien kemencengan dengan rumus :

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2.8)$$

5. Menghitung logaritma curah hujan rancangan dengan periode ulang tertentu :

$$\text{Log } X = \overline{\text{Log}X} + K \cdot S \quad (2.9)$$

dengan :

Log X = logaritma besarnya curah hujan untuk periode ulang T tahun

$\overline{\text{Log}X}$ = rata-rata dari logaritma curah hujan

K = faktor sifat distribusi *Log Person Tipe III* yang merupakan fungsi koefisien kemencengan (Cs) terhadap kala ulang atau probabilitas (P)

S = Simpangan baku (standar deviasi)

6. Mencari antilog dari Log X untuk mendapatkan curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu.

2.4.3 Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi dimaksudkan untuk mengetahui apakah distribusi yang dipilih dapat digunakan atau tidak untuk serangkaian data yang tersedia. Dalam studi ini, untuk keperluan analisis uji kesesuaian distribusi digunakan dua metode statistik, yaitu Uji *Smirnov Kolmogorov* dan Uji *Chi Square*.

a. Uji *Smirnov Kolmogorov*

Uji *Smirnov Kolmogorov* digunakan untuk membandingkan peluang yang paling maksimum antara distribusi empiris dan distribusi teoritis yang disebut Δ_{maks} . Prosedur perhitungan uji *Smirnov Kolmogorov* adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

1. Data diurutkan dari kecil ke besar
2. Menghitung peluang empiris (Pe) dengan rumus Weibull (Soewarno, 1995):

$$Pe = \frac{m}{n + 1} \quad (2.10)$$

dengan:

Pe = peluang empiris

m = nomor urut data

n = banyaknya data

3. Menghitung peluang teoritis (Pt) dengan rumus:

$$Pt = 1 - Pr \quad (2.11)$$

dengan:

Pr = probabilitas yang terjadi

4. Menghitung simpangan maksimum (Δ_{maks}) dengan rumus:

$$\Delta_{\text{maks}} = |P_t - P_e| \quad (2.12)$$

5. Menentukan nilai Δ_{tabel} .
6. Menyimpulkan hasil perhitungan, yaitu apabila $\Delta_{\text{maks}} < \Delta_{\text{tabel}}$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, dan apabila $\Delta_{\text{maks}} > \Delta_{\text{tabel}}$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.
7. Nilai Δ kritis untuk uji *Smirnov-Kolmogorof* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Nilai U Kritis untuk Uji *Smirnov-Kolmogorof*

N	r_1			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$1,07/(N^{0,5})$	$1,22/(N^{0,5})$	$1,36/(N^{0,5})$	$1,63/(N^{0,5})$

Sumber : Soewarno, 1995

b. Uji Chi Square

Uji *Chi Square* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 . Parameter χ^2 dapat dihitung dengan rumus (Soewarno, 1995):

$$t_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.13)$$

dengan :

t_h^2 = parameter *Chi Square* terhitung

G = jumlah sub grup

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub grup ke i

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub grup ke i

Adapun langkah-langkah perhitungan dari uji *Chi Square* adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
2. Kelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap subgrup minimal empat data pengamatan
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap subgrup
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i
5. Tiap-tiap sub grup hitung nilai :

$$(O_i - E_i)^2 \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

6. Jumlah seluruh G sub grup nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai *Chi Square* hitung
7. Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$
8. Menentukan χ^2 dari tabel dengan menentukan derajat kepercayaan (α) dan derajat kebebasan (dk)
9. Menyimpulkan hasil perhitungan, apabila $\chi_{hit}^2 < \chi_{cr}^2$ maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima, dan apabila nilai $\chi_{hit}^2 > \chi_{cr}^2$ maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.

Nilai t^2 kritis untuk uji *Chi Square* dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Nilai t^2 Kritis untuk Uji *Chi Square*

dk	derajat kepercayaan				
	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
1	1.642	2.706	3.841	6.635	10.827
2	3.219	4.605	5.991	9.210	13.815
3	4.642	6.251	7.815	11.345	16.268
4	5.989	7.779	9.488	13.277	18.465
5	7.289	9.236	11.070	15.086	20.517
6	6.558	10.645	12.592	16.812	22.457
7	9.803	12.017	14.067	18.475	24.322
8	11.030	13.362	15.507	20.090	26.125
9	12.242	14.684	16.919	21.666	27.877
10	13.442	15.987	18.307	23.209	29.588
11	14.631	17.275	19.675	24.725	31.264
12	15.812	18.549	21.026	26.217	32.909
13	16.985	19.812	22.362	27.688	34.528
14	18.151	21.064	23.685	29.141	36.123
15	19.311	22.307	24.996	30.578	37.697
16	20.465	23.524	26.296	32.000	39.252
17	21.615	24.769	27.587	33.409	40.790
18	22.760	25.989	28.869	34.805	42.312
19	23.900	27.204	30.144	36.191	43.820
20	25.038	28.412	31.410	37.566	45.315

Sumber : Soewarno, 1995

2.4.4 Analisis Debit Rancangan

Debit banjir rancangan adalah debit banjir terbesar tahunan dengan suatu kemungkinan terjadi yang tertentu, atau debit dengan suatu kemungkinan periode ulang tertentu. Metode analisa debit banjir rancangan tersebut pemilihannya sangat bergantung dari kesesuaian parameter statistik dari data yang bersangkutan, atau dipilih berdasarkan pertimbangan-pertimbangan teknis lainnya.

Untuk menganalisa debit banjir rancangan dapat dilakukan dengan menggunakan metode hidrograf dan metode non hidrograf. Analisa debit banjir rancangan dengan metode hidrograf dilakukan dengan menggunakan bantuan

model hidrograf satuan sintetis, sedangkan analisis debit banjir rancangan dengan metode non hidrograf dilakukan dengan bantuan teknik analisis frekuensi. Namun untuk menentukan debit banjir rancangan dengan analisa frekuensi ini diperlukan ketersediaan data debit tahunan pada lokasi yang dikaji, sedangkan permasalahan umum yang sering timbul di lapangan adalah tidak tersedianya data debit untuk keperluan tersebut.

Dalam melakukan studi ini penentuan debit banjir rancangan dilakukan dengan menggunakan pendekatan metode hidrograf satuan sintetis Nakayasu. Dimana pendekatan tersebut akan dipilih yang sesuai dengan karakteristik banjir di daerah studi.

2.4.4.1 Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Nakayasu dari Jepang telah menyelidiki hidrograf satuan pada beberapa sungai di Jepang. Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu sering digunakan dalam perencanaan bendungan dan perbaikan sungai di proyek Brantas. Hal ini disebabkan lengkung hidrograf Nakayasu memiliki karakteristik yang hampir sama dengan keadaan di Indonesia, yaitu banjir mencapai puncak dengan sekejap kemudian turun dengan perlahan-lahan. Dalam menganalisa debit banjir rancangan dengan metode hidrograf satuan sintetis Nakayasu terdapat beberapa langkah yang perlu diperhitungkan, yaitu :

A. Distribusi Hujan Jam-Jaman

Untuk menghitung debit banjir rancangan dengan cara hidrograf satuan memerlukan distribusi hujan jam-jaman dengan suatu interval tertentu. Pada umumnya data hujan yang tersedia pada stasiun meteorologi adalah data hujan harian, artinya data hujan yang tercatat secara kumulatif selama 24 jam. Apabila data hujan jam-jaman tidak tersedia, maka pola distribusi hujan jam-jaman dapat dilakukan dengan menggunakan sebaran hujan jam-jaman, yaitu dengan rumus Mononobe :

1. Rata-rata hujan sampai jam ke-T

$$R_t = \frac{R_{24} \left(\frac{t}{T_c} \right)^{2/3}}{t} \quad (2.14)$$

2. Distribusi hujan jam-jaman dihitung dengan rumus :

$$R_T = t.R_t - [(t-1) R_{t-1}] \quad (2.15)$$

dengan:

R_t = rata-rata hujan sampai jam ke-T (mm/jam)

R_{24} = curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)

R_T = curah hujan pada jam ke-T (mm)

t = lama waktu hujan (jam), diasumsi durasi hujan selama 4 jam
(hujan terpusat untuk daerah Indonesia rata-rata 4 jam)

T_c = waktu konsentrasi hujan (jam)

B. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah suatu variabel yang didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh di daerah tersebut. Kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan meliputi:

1. Keadaan hujan
2. Luas dan bentuk daerah aliran
3. Kemiringan daerah aliran dan kemiringan dasar sungai
4. Daya infiltrasi dan perkolasi tanah
5. Kelembaban tanah
6. Suhu udara, angin, dan evaporasi
7. Tata guna lahan

Nilai koefisien pengaliran (c) adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air yang melimpas terhadap besarnya curah hujan. Angka koefisien pengaliran ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan apakah suatu DAS tersebut telah mengalami gangguan fisik (Asdak, 2001). Nilai koefisien pengaliran (c) yang besar menunjukkan jumlah limpasan permukaan yang terjadi pada lahan tersebut besar, dengan kata lain kondisi tata air dan tata guna lahan pada lahan tersebut rusak.

Sebaliknya nilai koefisien pengaliran yang kecil menunjukkan jumlah limpasan permukaan yang terjadi pada lahan tersebut kecil, dengan kata lain jumlah air yang meresap ke dalam tanah dan memberikan kontribusi (*recharge*) air tanah besar. Koefisien pengaliran seperti disajikan pada tabel berikut, didasarkan dengan suatu pertimbangan bahwa koefisien tersebut sangat tergantung pada faktor-faktor fisik. Harga koefisien pengaliran (C) untuk berbagai kondisi permukaan tanah dapat ditentukan dengan Tabel 2.4:

Tabel 2. 4 Koefisien Pengaliran

Tata Guna Lahan	c	Tata Guna Lahan	c
<ul style="list-style-type: none"> • Perkantoran <ul style="list-style-type: none"> – Daerah pusat kota 0,7-0,95 – Daerah sekitar kota 0,50-0,70 • Perumahan <ul style="list-style-type: none"> – Rumah tinggal 0,30-0,50 – Rumah susun, terpisah 0,40-0,60 – Rumah susun, bersambung 0,60-0,75 – Pinggiran kota 0,25-0,40 • Daerah industri <ul style="list-style-type: none"> – Kurang padat industri 0,50-0,80 – Padat industri 0,60-0,90 • Taman,kuburan 0,10-0,25 • Tempat bermain 0,20-0,35 • Daerah stasiun KA 0,20-0,40 • Daerah tak berkembang 0,10-0,30 • Jalan Raya <ul style="list-style-type: none"> – Beraspal 0,70-0,95 – Berbeton 0,80-0,95 – Berbatu bata 0,70-0,85 		<ul style="list-style-type: none"> • Tanah lapang <ul style="list-style-type: none"> – Berpasir, datar, 2% 0,05-0,10 – Berpasir, agak rata, 2-7% 0,10-0,15 – Berpasir, miring, 7% 0,15-0,20 – Tanah berat, datar, 2% 0,13-0,17 – Tanah berat, agak datar, 2-7% 0,18-0,22 – Tanah berat, miring, 7% 0,25-0,35 • Tanah pertanian, 0-30% <ul style="list-style-type: none"> ✓ Tanah kosong <ul style="list-style-type: none"> – Rata 0,03-0,60 – Kasar 0,20-0,50 ✓ Ladang Garapan <ul style="list-style-type: none"> – Tanah berat, tanpa vegetasi 0,30-0,60 – Tanah berat, dengan vegetasi 0,20-0,50 – Berpasir, tanpa vegetasi 0,20-0,25 – Berpasir, dengan vegetasi 0,10-0,25 ✓ Padang Rumput <ul style="list-style-type: none"> – Tanah berat 0,15-0,45 – Berpasir 0,05-0,25 – Hutan/bervegetasi 0,05-0,25 	

Tata Guna Lahan	c	Tata Guna Lahan	c
– Trotoar	0,75-0,85	• Tanah Tidak Produktif, > 30%	
• Daerah beratap	0,75-0,95	– Rata, kedap air	0,70-0,90
		– Kasar	0,50-0,70

Sumber : Asdak, 2002

Penentuan nilai koefisien pengaliran suatu daerah yang terdiri dari beberapa tataguna lahan dilakukan dengan mengambil angka rata-rata koefisien pengaliran dari setiap tata guna lahan dengan menghitung bobot masing-masing bagian sesuai dengan luas daerah yang diwakilinya. Adapun cara perhitungannya dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Suhardjono, 1984) :

$$C_m = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.16)$$

dengan :

C_m = Koefisien pengaliran rata-rata.

C_1, C_2, \dots, C_n = Koefisien pengaliran yang sesuai kondisi permukaan.

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah pengaliran yang disesuaikan kondisi permukaan.

C. Hujan Efektif

Hujan efektif adalah bagian hujan total yang menghasilkan limpasan langsung (*direct run off*). Limpasan langsung ini terdiri dari limpasan permukaan (*surface run off*) dan *interflow* (aliran yang masuk ke dalam lapisan tipis di bawah permukaan tanah dengan permeabilitas rendah, yang keluar lagi di tempat yang lebih rendah dan berubah menjadi limpasan permukaan).

Dengan menganggap bahwa proses transformasi hujan menjadi limpasan langsung mengikuti proses linier dan tidak berubah oleh waktu, maka hujan netto (R_n) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$R_n = c \times R \quad (2.17)$$

Dengan:

R_n = hujan efektif (mm)

c = koefisien pengaliran

R = intensitas curah hujan (mm)

D. Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan adalah debit banjir terbesar tahunan dengan suatu kemungkinan terjadi kala ulang tertentu, atau debit dengan suatu kemungkinan periode ulang tertentu. Nakayasu dari Jepang telah menyelidiki hidrograf satuan pada beberapa sungai di Jepang. Ia membuat rumus satuan sintetis dari hasil penyelidikannya. Rumus yang dihasilkannya adalah sebagai berikut (Soemarto, 1999):

$$Q_p = \frac{A \cdot R_o}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})} \quad (2.18)$$

$$T_p = t_g + 0,8 \text{ tr} \quad (2.19)$$

$$\text{Panjang sungai (L)} < 15 \text{ km} \quad \text{-----} \quad t_g = 0,21 L^{0,7} \quad (2.20)$$

$$\text{Panjang sungai (L)} > 15 \text{ km} \quad \text{-----} \quad t_g = 0,4 + 0,058 L \quad (2.21)$$

$$\text{tr} = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \quad (2.22)$$

$$T_{0,3} = \dots T_g \quad (2.23)$$

Bagian lengkung naik (*increasing limb*) :

$$Q_a = Q_p (t/T_p)^{2,4} \quad (2.24)$$

Bagian lengkung turunnya (*decreasing limb*) :

Untuk $T_p \leq t < (T_p + T_{0,3})$, maka :

$$Q_{d1} = Q_p \cdot 0,3^{\left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}}\right)} \quad (2.25)$$

Untuk $(T_p + T_{0,3}) \leq t < (T_p + T_{0,3} + 1,5 \cdot T_{0,3})$, maka :

$$Q_{d2} = Q_p \cdot 0,3^{\left[\frac{(1-T_p) + (0,5T_{0,3})}{1,5T_{0,3}}\right]} \quad (2.26)$$

Untuk $t = (T_p + T_{0,3} + 1,5 \cdot T_{0,3})$, maka :

$$Q_{d3} = Q_p \cdot 0,3^{\left(\frac{t - T_p + 1,5 T_{0,3}}{2,0 T_{0,3}}\right)} \quad (2.27)$$

dengan :

Q_p = debit puncak banjir ($m^3/det/mm$)

CA = Catchment Area (luas DAS) (km^2)

R_o = hujan satuan (mm)

T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak (jam)

L = panjang alur sungai (km)

T_g = waktu konsentrasi (jam)

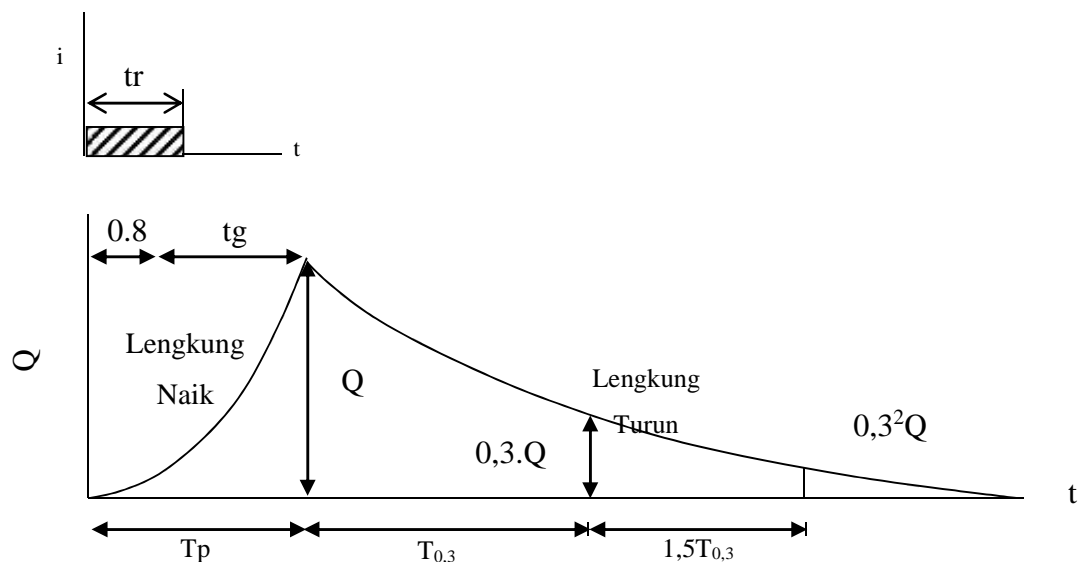
Q_a = limpasan sebelum mencapai debit puncak ($m^3/det/mm$)

T = waktu (jam)

= koefisien yang bergantung pada karakteristik DAS, dengan kriteria :
daerah pengaliran biasa = 2

bagian naik hidrograf lambat dan bagian menurun cepat = 1,5

bagian naik hidrograf cepat dan bagian menurun lambat = 3



Gambar 2. 9 Hidrograf satuan sintetis Nakayasu (Soemarto, 1999)

Berdasarkan rumus-rumus di atas, maka hidrograf banjir untuk berbagai kala ulang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_k = U_1 \cdot R_i + U_2 \cdot R_{i-1} + U_3 \cdot R_{i-2} + \dots + U_n \cdot R_{i-n+1} + B_f \quad (2.28)$$

dengan :

Q_k = ordinat hidrograf banjir pada jam ke k (m^3/det)

U_n = ordinat hidrograf satuan ($m^3/det.mm$)

R_i = hujan netto pada jam ke i (mm)

B_f = aliran dasar (*Base Flow*), (m^3/det)

2.4.5 Penelusuran Banjir

Untuk menentukan muka air banjir diatas pelimpah adalah dengan melakukan reservoir routing. Dalam kajian ini digunakan metode *Poels Methode*.

$$I - Q = Ds / Dt \quad (2.29)$$

$$I (rt2) \quad T - (Q_1 + Q_2)/2. \quad T = S_2 - S_1 \quad (2.30)$$

$$(I_1 + I_2). \quad T/2 + (S_1 - Q_1. \quad T/2) = (S_2 + Q_2. \quad T/2) \quad (2.31)$$

Dimana :

I_1, I_2 = Inflow pada waktu t_1, t_2

Q_1, Q_2 = Outflow pada waktu t_1, t_2

S_1, S_2 = Volume tampungan pada waktu t_1, t_2

Q_1 adalah debit keluar pada permulaan periode penelusuran. Kalau fasilitas pengeluarannya berupa bangunan pelimpah (*spill way*), maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = C.B.H^{3/2} \quad (2.32)$$

Dimana :

C = koefisien debit bangunan pelimpah ($1,7 - 2,2 \, m^{1/2}/detik$)

B = panjang ambang bangunan pelimpah (m)

H = tinggi energi di atas ambang bangunan pelimpah, menggunakan rumus berikut :

$$H = h + \frac{\alpha \cdot v^2}{2g} \quad (2.33)$$

h = tinggi air diatas ambang bangunan pelimpah (m)

α = koefisien pembagian kecepatan aliran

v = kecepatan rata – rata aliran di depan ambang bangunan pelimpah (m/dt)

g = percepatan gravitasi (m/dt)

(Sumber : Soemarto, 1999)

2.5 Pengertian Drainase

Drainase berasal dari bahasa inggris *drainage* yang berarti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air baik yang berasal dari hujan rembesan maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan sehingga fungsi kawasan/lahan tidak terganggu. Drainase juga dapat diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas (Suripin, 2004).

2.5.1 Sistem Ecodrainage

Definisi lain dari sistem *ecodrainage* adalah pengelolaan drainase yang tidak menimbulkan dampak yang merugikan bagi lingkungan (Ditjen Cipta Karya, 2012). Terdapat 2 (dua) pola yang umum dipakai untuk mengelola drainase yang berwawasan lingkungan, yaitu:

1. Pola detensi (menampung air sementara). dengan membuat kolam penampungan.
2. Pola retensi (meresapkan), dengan membuat sumur resapan, saluran resapan, bidang resapan, atau kolam resapan/kolam retensi.

Manfaat drainase perkotaan berwawasan lingkungan antara lain:

- ✓ Kemungkinan banjir dam/atau genangan di hilir dan kekeringan di hulu dapat dikurangi.
- ✓ Mengurangi longsor di hulu.

- ✓ Meningkatkan kualitas ekosistem dan lingkungan.
- ✓ Mengisi/konservasi air tanah.

Drainase ramah lingkungan atau ekodrainase menjadi konsep utama dan merupakan implementasi pemahaman baru konsep ekohidrolik dalam bidang drainase. Drainase ramah lingkungan didefinisikan sebagai upaya mengelola air kelebihan dengan cara sebesar-besarnya diresapkan ke dalam tanah secara alamiah atau mengalirkan ke sungai dengan tanpa melampaui kapasitas sungai sebelumnya.

Air kelebihan pada musim hujan harus dikelola sedemikian sehingga tidak mengalir secepatnya ke sungai. Namun diusahakan meresap ke dalam tanah, guna meningkatkan kandungan air tanah untuk cadangan pada musim kemarau. Konsep ini sifatnya mutlak di daerah beriklim tropis dengan perbedaan musim hujan dan kemarau yang ekstrem seperti di Indonesia.

Drainase merupakan suatu sistem yang dibuat untuk menangani persoalan kelebihan air, baik yang berada di atas maupun di bawah permukaan. Drainase bukan satu-satunya metode untuk mengatasi genangan, namun dengan kondisi sistem drainase yang baik, dapat mengurangi dampak buruk akibat kelebihan air pada permukaan tanah.

2.6 Penerapan Daerah Konservasi Tanah dan Air

Konservasi tanah merupakan penempatan setiap bidang tanah pada cara penggunaan yang sesuai dengan kemampuan tanah tersebut dan memperlakukannya sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan agar tidak terjadi kerusakan tanah. Upaya konservasi tanah ditujukan untuk (1) mencegah erosi, (2) memperbaiki tanah yang rusak, dan (3) memelihara serta meningkatkan produktivitas tanah agar tanah dapat digunakan secara berkelanjutan. Konservasi air adalah penggunaan air hujan yang jatuh ke tanah dan mengatur waktu aliran air agar tidak terjadi banjir yang merusak dan terdapat cukup air pada waktu musim kemarau (Arsyad, 2006).

Konsep ini belum banyak dikenal di Indonesia, pemerintah dan masyarakat dapat mengusahakan suatu kawasan atau wilayah tertentu yang khusus diperuntukkan sebagai daerah pemanenan air hujan (peresapan air hujan) yang dijaga keberagaman vegetasinya dan konstruksi apapun tidak boleh dibangun di atas areal tersebut. Untuk keperluan ini harus dipilih daerah yang mempunyai peresapan tinggi dan bebas dari kontaminasi polutan. Daerah resapan adalah daerah yang mampu meresap air hujan. Tentunya daerah ini berciri memiliki banyak pepohonan, dan tanah yang bisa menyerap air hujan. Daerah resapan sebenarnya tidak hanya hutan, akan tetapi juga pemukiman penduduk. Namun dengan seiring melesatnya laju pertumbuhan penduduk, maka semakin kesini semakin banyak pembangunan yang mempersempit daerah resapan, pengaspalan jalan juga termasuk menyempitkan daerah resapan air hujan sehingga makin besar saja volume air limpasan.

Untuk menahan air limpasan sementara, agar tidak terjadi air limpasan yang besar juga bisa dilakukan pemanenan air hujan. Bagi masyarakat kelas menengah ke bawah, biaya mengadakan air di rumah masing-masing itu tergolong masih belum terjangkau. Pemanenan air hujan akan bermanfaat ganda bagi mereka, selain menahan air limpasan dahulu dirumah masing-masing, maka dapat juga dimanfaatkan untuk kebutuhan air sehari-hari. Pemanenan air hujan yang bisa dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari tentu saja harus dilengkapi dengan komponen penyaring agar air hujan yang dipanen berkualitas baik dari segi fisika, biologi dan kimianya.

Idealnya daerah di sekitar daerah resapan air yaitu seperti di bantaran sungai, bantaran waduk, dan bantaran situ harus ditanami tumbuh-tumbuhan. Tumbuh-tumbuhan inilah yang nantinya akan memperkuat kondisi daerah resapan air. Akar-akar yang dimiliki tumbuhan akan menyerap air dan juga meningkatkan kondisi tanah agar lebih mudah menyerap air terutama di sekitar daerah resapan air. Namun hal ini tidak bisa terjadi jika bantaran-bantaran di sekitar daerah resapan air digunakan sebagai pemukiman. Keberadaan pemukiman di bantaran daerah resapan air sangat mengganggu fungsi daerah resapan air.

Perlindungan dan pelestarian sumber daya air ditujukan untuk melindungi dan melestarikan sumber air beserta lingkungan keberadaannya terhadap kerusakan ataupun gangguan yang disebabkan oleh alam, termasuk kekeringan yang disebabkan oleh manusia. Perlindungan dan pelestarian air tanah atau disebut juga dengan konservasi air tanah memiliki beberapa teknik dalam penerapannya. Teknik-teknik tersebut dapat dilakukan melalui :

1. Pemeliharaan kelangsungan fungsi resapan air dan daerah tangkapan air
2. Pengisian air pada sumber air
3. Perlindungan sumber air dalam hubungannya dengan kegiatan pembangunan dan pemanfaatan lahan pada sumber air
4. Pengaturan daerah sempadan sumber air
5. Rehabilitasi hutan dan lahan
6. Pelestarian hutan lindung, kawasan suaka alam dan kawasan pelestarian alam.

2.6.1 Metode Vegetatif

Metode vegetatif merupakan salah satu metode yang dilakukan untuk konservasi lahan yang kritis. Metode vegetatif sering digunakan karena prosesnya dapat menjamin kelangsungan kondisi tanah dan air. Konservasi vegetatif mencakup semua tindakan konservasi yang menggunakan tumbuh-tumbuhan (vegetasi), baik tanaman legume yang menjalar, semak atau perdu, maupun pohon dan rumput-rumputan serta tumbuh-tumbuhan lain, yang ditujukan untuk mengendalikan erosi dan aliran air permukaan pada lahan pertanian.

Metode vegetatif untuk konservasi tanah dan air termasuk antara lain: penanaman penutup lahan (*cover crop*) berfungsi untuk menahan air hujan agar tidak langsung mengenai permukaan tanah, menambah kesuburan tanah (sebagai pupuk hijau), mengurangi pengikisan tanah oleh air dan mempertahankan tingkat produktivitas tanah (Seloliman, 1997). Penanaman rumput kegunaannya hampir sama dengan penutup tanah, tetapi mempunyai manfaat lain, yakni sebagai pakan

ternak dan penguat terras. Cara penanamannya dapat secara rapat, barisan maupun menurut kontur.

Tanaman ataupun sisa-sisa tanaman berfungsi sebagai pelindung tanah terhadap daya pukulan butir air hujan maupun terhadap daya angkut air aliran permukaan (*runoff*), serta meningkatkan peresapan air ke dalam tanah.

Syarat-syarat dari tanaman penutup tanah, antara lain:

1. Dapat berkembang dan daunnya banyak.
2. Tahan terhadap pangkasan.
3. Mudah diperbanyak dengan menggunakan biji.
4. Mampu menekan tanaman pengganggu.
5. Akarnya dapat mengikat tanah, bukan merupakan saingan tanaman pokok.
6. Tahan terhadap penyakit dan kekeringan.
7. Tidak berduri dan bersulur yang membelit.

Selain dengan penanaman tanaman penutup tanah (*cover crop*), cara vegetatif lainnya adalah:

1. Tanaman dengan lajur berselang-seling, pada kelerengan 6 – 10 % dengan tujuan:
 - Membagi lereng agar menjadi lebih pendek.
 - Dapat menghambat atau mengurangi laju aliran permukaan.
 - Menahan partikel-partikel tanah yang terbawa oleh aliran permukaan.
2. Menanam secara kontur (*Countur planting*), dilakukan pada kelerengan 15 – 18 % dengan tujuan untuk memperbesar kesempatan meresapnya air sehingga *run off* berkurang.
3. Pergiliran tanaman (*crop rotation*).
4. Reboisasi atau penghijauan.

5. Penanaman saluran pembuang dengan rumput dengan tujuan untuk melindungi saluran pembuang agar tidak rusak.

Dalam penerapannya, petani biasanya memodifikasi sendiri teknik-teknik tersebut sesuai dengan keinginan dan lingkungan agroekosistemnya sehingga teknik konservasi ini akan terus berkembang di lapangan. Keuntungan yang didapat dari sistem vegetatif ini adalah kemudahan dalam penerapannya, membantu melestarikan lingkungan, mencegah erosi dan menahan aliran permukaan, dapat memperbaiki sifat tanah dari pengembalian bahan organik tanaman, serta meningkatkan nilai tambah bagi petani dari hasil sampingan tanaman konservasi tersebut.

- 1) Aplikasi Metode Vegetatif :

- a. Sistem Pertanaman Lorong

Sistem pertanaman lorong adalah suatu sistem dimana tanaman pangan ditanam pada lorong diantara barisan tanaman pagar. Sistem ini sangat bermanfaat dalam mengurangi laju limpasan permukaan dan erosi dan merupakan sumber bahan organik dan hara terutama unsur N untuk tanaman lorong. Teknologi budidaya lorong telah lama dikembangkan dan diperkenalkan sebagai salah satu teknik konservasi lahan kritis untuk pengembangan sistem pertanian berkelanjutan pada lahan kritis/kering di daerah tropika basah namun belum diterapkan secara luas oleh petani.

Pada budidaya lorong konvensional tanaman pertanian ditanam pada lorong-lorong diantara barisan tanaman pagar yang ditanam menurut kontur. Barisan tanaman pagar yang rapat diharapkan dapat menahan aliran permukaan serta erosi yang terjadi pada areal tanaman budidaya, sedangkan akarnya yang dalam dapat menyerap unsur hara dari lapisan tanah yang lebih dalam untuk kemudian dikembalikan ke permukaan melalui pengembalian sisa tanaman hasil pangkasan tanaman pagar.

- b. Sistem Pertanaman Strip Rumput

Konservasi lahan kritis dengan sistem pertanaman strip rumput hampir sama dengan pertanaman lorong tetapi tanaman pagarnya adalah rumput.

Strip rumput dibuat mengikuti kontur dengan lebar strip 0,5 meter atau lebih. Semakin lebar strip semakin efektif mengendalikan erosi. Sistem ini dapat diintegrasikan dengan ternak. Penanaman rumput pakan ternak di dalam jalur strip. Penanaman dilakukan menurut garis kontur dengan letak penanaman dibuat selang seling agar rumput dapat tumbuh baik dan usahakan penanaman dilakukan pada awal musim hujan. Selain itu tempat jalur rumput sebaiknya di tengah antara barisan tanaman pokok.

c. Tanaman Penutup Tanah

Tanaman ini merupakan tanaman yang ditanam tersendiri atau bersamaan dengan tanaman pokok. Manfaat tanaman penutup antara lain untuk menahan atau mengurangi daya perusak bulir-bulir hujan yang jatuh dan aliran air diatas permukaan tanah, menambah bahan organik tanah (melalui batang, ranting dan daun mati yang jatuh), serta berperan melakukan transpirasi yang mengurangi kandungan air tanah.

Peranan tanaman penutup tanah adalah mengurangi kekuatan dispersi air hujan, mengurangi jumlah serta kecepatan aliran permukaan dan memperbesar infiltrasi air ke dalam tanah sehingga mengurangi erosi. Penyiangian intensif dapat menyebabkan tergerusnya lapisan atas tanah. Untuk menghindari persaingan antara tanaman penutup tanah dengan tanaman pokok pada konservasi lahan kritis dengan teknik ini dapat dilakukan dengan penyiangian melingkar (ring weeding). Tanaman penutup tanah yang digunakan dan sesuai untuk sistem pergiliran tanaman harus memenuhi syarat diantaranya harus mudah diperbanyak (sebaiknya dengan biji), memiliki sistem perakaran yang tidak menimbulkan kompetisi berat bagi tanaman pokok tetapi memiliki sifat mengikat tanah yang baik dan tidak mensyaratkan tingkat kesuburan tanah yang tinggi, tumbuh cepat dan banyak menghasilkan daun, toleransi terhadap pemangkasan, resisten terhadap gulma, penyakit dan kekeringan, mudah diberantas jika tanah akan digunakan untuk penanaman tanaman semusim atau tanaman pokok lainnya, sesuai dengan kegunaan untuk reklamasi

tanah dan tidak memiliki sifat-sifat yang tidak menyenangkan seperti berduri atau sulur yang membelit.

Empat jenis tanaman penutup yang dapat digunakan yaitu :

- a) Jenis merambat (rendah), contoh : *Colopogonium moconoides*, *Centrosome sp*, *Ageratum conizoides*, *Pueraria sp*,
- b) Jenis perdu/semak (sedang) contoh ; *Crotalaria sp*, *Acasia vilosa*,
- c) Jenis pohon (tinggi) contoh ; *Leucaena leucephala* (lamtorogung), *Leucaena glauca* (lato ro lokal), *Ablizia falcataria*.
- d) Jenis kacang-kacangan contoh *Vigna sinensis*, *Dolichos lablab* (komak).

2.7 Kolam Retensi

2.7.1 Pengertian Kolam Retensi

Kolam retensi adalah suatu bak atau kolam yang dapat menampung atau meresapkan air sementara yang terdapat di dalamnya. Kolam retensi dibagi menjadi 2 macam tergantung dari bahan pelapis dinding dan dasar kolam, yaitu kolam alami dan kolam buatan.

Kolam alami adalah kolam retensi berbentuk cekungan atau bak resapan yang sudah terbentuk secara alami dan dapat dimanfaatkan baik pada kondisi aslinya atau dilakukan penyesuaian. Pada umumnya perencanaan kolam jenis ini memadukan fungsi sebagai kolam penyimpanan air dan penggunaan oleh masyarakat dan kondisi lingkungan sekitarnya. Kolam jenis alami ini selain berfungsi sebagai tempat penyimpanan, juga dapat meresapkan pada lahan atau kolam yang pervious, misalnya lapangan sepak bola (yang tertutup oleh rumput), danau alami, seperti yang terdapat di taman rekreasi dan kolam rawa.

Kolam buatan atau kolam non alami adalah kolam retensi yang dibuat sengaja didesain dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang telah direncanakan sebelumnya dengan lapisan material yang kaku, seperti beton. Pada kolam jenis ini air yang masuk ke dalam inlet harus dapat menampung air sesuai

dengan kapasitas yang telah direncanakan sehingga dapat mengurangi debit banjir puncak (*peak flow*) pada saat *over flow*, sehingga kolam berfungsi sebagai tempat mengurangi debit banjir dikarenakan adanya penambahan waktu konsentrasi air untuk mengalir dipermukaan.

Untuk merencanakan pembangunan kolam retensi diperlukan analisis hidrologi untuk menentukan besarnya debit banjir rencana akan berpengaruh terhadap besarnya debit maksimum maupun kestabilan konstruksi yang akan dibangun. Kemudian diperlukan data curah hujan untuk rancangan pemanfaatan air dan rancangan bangunan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (Sosrodarsono, 1993). Selain data tersebut, debit air kotor juga perlu direncanakan untuk memastikan jumlah air yang masuk ke dalam kolam retensi yang akan dibangun.

2.7.2 Fungsi Kolam Retensi

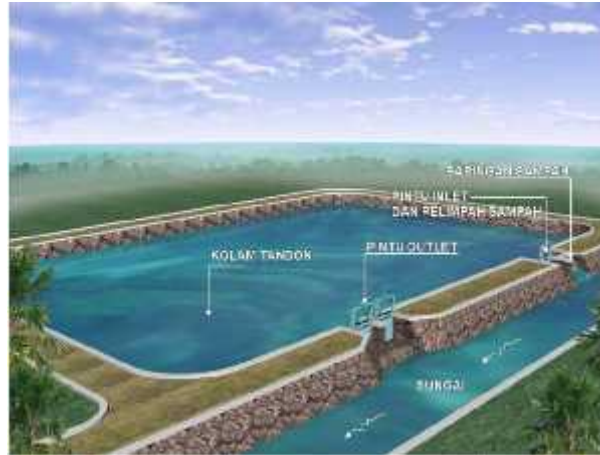
Kolam retensi berfungsi untuk menyimpan dan menampung air sementara dari saluran pembuangan sebelum dialirkan ke sungai sehingga puncak banjir dapat dikurangi. Tingkat pengurangan banjir tergantung pada karakteristik hidrograf banjir, volume kolam dan dinamika beberapa bangunan outlet. Wilayah yang digunakan untuk pembuatan kolam penampungan biasanya di daerah yang rendah. Dengan perencanaan dan pelaksanaan tata guna lahan yang baik, kolam retensi dapat digunakan sebagai penampungan air hujan sementara dan penyalur atau distribusi air.

2.7.3 Tipe-Tipe Kolam Retensi

1. Kolam retensi tipe di samping badan sungai

Tipe ini memiliki bagian-bagian berupa kolam retensi, pintu inlet, bangunan pelimpah samping, pintu outlet, jalan akses menuju kolam retensi, ambang rendah di depan pintu outlet, saringan sampah dan kolam penangkap sedimen. Kolam retensi jenis ini cocok diterapkan apabila tersedia lahan yang luas

untuk kolam retensi sehingga kapasitasnya bisa optimal. Keunggulan dari tipe ini adalah tidak mengganggu sistem aliran yang ada, mudah dalam pelaksanaan dan pemeliharaan.



Gambar 2. 10 Kolam Retensi Tipe di Samping Badan Sungai
(<http://psda.jatengprov.go.id>)

2. Kolam retensi di dalam badan sungai

Kolam retensi jenis ini memiliki bagian-bagian berupa tanggul keliling, pintu outlet, bendung, saringan sampah dan kolam sedimen. Tipe ini diterapkan bila lahan untuk kolam retensi sulit didapat. Kelemahan dari tipe ini adalah kapasitas kolam yang terbatas, harus menunggu aliran air dari hulu, pelaksanaan sulit dan pemeliharaan yang mahal.



Gambar 2. 11 Kolam Retensi Di Dalam Badan Sungai
(<http://psda.jatengprov.go.id>)

3. Kolam retensi tipe storage memanjang

Kelengkapan sistem dari kolam retensi tipe ini adalah saluran yang lebar dan dalam serta cek dam atau bendung setempat. Tipe ini digunakan apabila lahan tidak tersedia sehingga harus mengoptimalkan saluran drainase yang ada. Kelemahan dari tipe ini adalah kapasitasnya terbatas, menunggu aliran air yang ada dan pelaksanaannya lebih sulit. Ukuran ideal suatu kolam retensi adalah dengan perbandingan panjang/lebar lebih besar dari 2:1. Keuntungan yang diperoleh adalah bahwa dengan bentuk kolam yang memanjang semacam itu, ternyata sedimen relatif lebih cepat mengendap dan interaksi antar kehidupan (proses aktivitas biologis) di dalamnya juga menjadi lebih aktif karena terbentuknya air yang terus bergerak, namun tetap dalam kondisi tenang, pada saatnya tanaman dapat pula menstabilkan dinding kolam dan mendapat makanan (*nutrient*) yang larut dalam air.



Gambar 2. 12 Kolam Retensi Tipe Storage Memanjang
(<http://psda.jatengprov.go.id>)

2.8 Sumur Resapan

Sumur resapan adalah sumur yang dibuat sebagai tempat penampungan air hujan berlebihan agar memiliki waktu dan ruang untuk meresap ke dalam tanah melalui proses infiltrasi (Suripin, 2004).

Sumur resapan dibagi menjadi dua jenis, yaitu sumur resapan dangkal dan sumur resapan dalam. Sumur resapan dangkal cocok untuk daerah dengan muka air tanah bebas rendah (jauh di bawah muka tanah), sedangkan sumur resapan dalam cocok untuk daerah dengan piezometrik akifer tertekan rendah yang muka air tanah bebasnya sangat dekat atau bahkan berada pada permukaan tanah akibat genangan.



Gambar 2. 13 Sumur resapan dangkal (<http://19design.wordpress.com>)



Gambar 2. 14 Sumur resapan dalam (<http://19design.wordpress.com>)

2.8.1 Fungsi Dan Kegunaan Sumur Resapan

Beberapa fungsi dan kegunaan sumur resapan bagi kehidupan sehari-hari manusia antara lain sebagai berikut (Bachtiar, 2008) :

1. Sebagai pengendali banjir

Salah satu fungsi sumur resapan adalah sebagai upaya dalam menekan terjadinya banjir. Penggunaan sumur resapan mampu memperkecil aliran permukaan sehingga terhindar dari penggenangan aliran permukaan secara berlebihan yang menyebabkan banjir. Banyaknya aliran permukaan yang dapat dikurangi melalui sumur resapan tergantung pada volume dan jumlah sumur resapan itu sendiri.

2. Konservasi air tanah

Selain itu sumur resapan dapat memperbaiki kondisi air tanah atau mendangkalkan permukaan air sumur. Disini diharapkan air hujan lebih banyak yang diserap ke dalam tanah menjadi air cadangan dalam tanah

sehingga air yang tersimpan dalam tanah tersebut akan dapat dimanfaatkan melalui sumur-sumur atau mata air.

Peresapan air melalui sumur resapan sangat penting mengingat adanya perubahan tata guna lahan sebagai konsekuensi dari perkembangan penduduk dan perekonomian. Adanya perubahan tata guna lahan tersebut akan menurunkan kemampuan tanah untuk meresapkan air. Hal ini mengingat semakin banyaknya tanah yang tertutup dengan bangunan – bangunan yang kedap air atau tidak meresapkan air seperti beton, aspal dan bangunan lainnya yang tidak meresapkan air. Penurunan daya serap tanah terhadap air dapat juga terjadi karena hilangnya vegetasi penutup permukaan tanah.

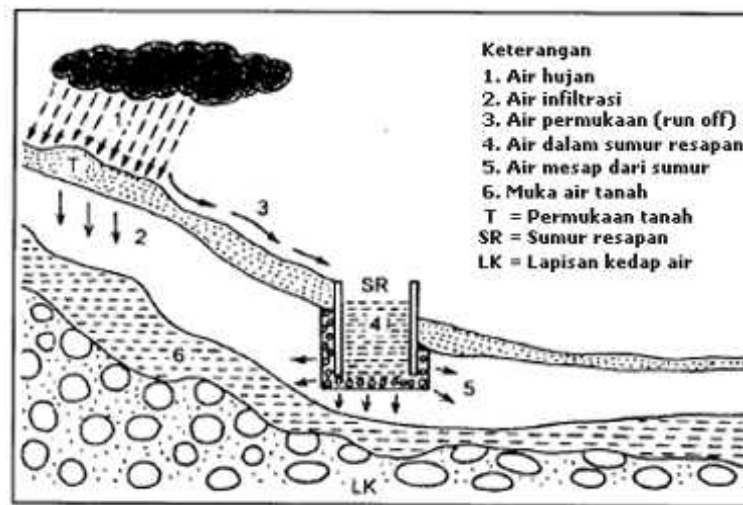
3. Menekan laju erosi

Dengan adanya penurunan aliran permukaan maka laju erosi akan menurun pula. Bila aliran permukaan menurun, tanah-tanah yang tergerus dan terhanyut juga akan berkurang.

2.8.2 Prinsip Kerja Sumur Resapan

Prinsip kerja sumur resapan adalah menyalurkan dan menampung air hujan ke dalam lubang atau sumur agar air memiliki waktu tinggal lebih lama dipermukaan tanah sehingga air perlahan-lahan meresap ke dalam tanah. Tujuan utama dari sumur resapan yaitu memperbesar masuknya air ke dalam tanah sebagai resapan (infiltrasi). Dengan demikian, air akan lebih banyak tersimpan ke dalam tanah dan mengurangi aliran permukaan (*run off*).

Jumlah aliran permukaan akan menurun dengan adanya sumur resapan. Pengaruh positif dari sumur resapan sendiri adalah dapat mengurangi bahaya banjir karena terkumpulnya air permukaan yang berlebihan disuatu tempat dapat dihindari. Menurunnya aliran permukaan ini juga berpengaruh pada menurunnya tingkat erosi tanah yang diakibatkan besarnya aliran permukaan yang tidak terserap.



Gambar 2. 15 Prinsip kerja sumur resapan

2.8.3 Perencanaan Sumur Resapan

Untuk menentukan dimensi sumur resapan supaya mampu menampung air hujan sebelum terserap ke dalam tanah harus diperhitungkan terhadap beberapa hal, antara lain:

1) Lama hujan dominan

Jumlah kejadian “lama hujan dominan” dirunut dan data *Automatic Rainfall Recorder* (ARR) yang mana dari sini dapat ditentukan lama hujan yang diperhitungkan untuk suatu daerah penelitian. Sebagai kontrol dapat diambil pula untuk kejadian-kejadian lama hujan yang lain yang mana pada akhirnya kapasitas isi resapan air hujan yang menjadi sasaran pokok dan penelitian ini.

2) Intensitas hujan

Setelah lama hujan diketahui, maka intensitas hujan dapat dihitung. Untuk daerah yang belum tersedia grafik hubungan antara lama hujan, intensitas dan frekuensi kejadian, dapat dilakukan dengan analisa frekuensi.

3) Selang waktu hujan

Setelah ditentukan lama hujan sebagai dasar perhitungan dapat ditelusur selang waktu hujan yang berpengaruh terhadap lama hujan yang diperhitungkan. Hal ini diperlukan untuk mempertimbangkan kemampuan resapan sebagai reservoir sebelum seluruh air dapat meresap kedalam tanah, agar sebanyak mungkin air meresap kedalam tanah dengan dimensi resapan sekecil mungkin.

4) Koefisien permeabilitas tanah

Dengan mempertimbangan selang waktu hujan yang berpengaruh terhadap lama hujan yang diperhitungkan dibanding dengan kemampuan peresapan air dalam tanah yang dalam hal ini sangat dipengaruhi oleh koefisien permeabilitasnya maka dapat diuji akan kehandalan volume resapan yang diperhitungkan. Tabel nilai koefisien permeabilitas tanah dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Nilai Koefisien permeabilitas tanah

Jenis Tanah	k (cm/detik)
Lempung	3×10^{-6}
Lanau	$4,5 \times 10^{-4}$
Pasir Sangat Halus	$3,5 \times 10^{-3}$
Pasir Halus	$1,5 \times 10^{-2}$
Pasir Sedang	$8,5 \times 10^{-2}$
Pasir Kasar	$3,5 \times 10^{-1}$
Kerikil Kecil	3

Sumber: Sosrodarsono – kaazuto, 1994

5) Tinggi muka air tanah

Hal ini perlu untuk mempertimbangkan dimensi maupun bentuk resapan dan sekaligus akan mempengaruhi kecepatan peresapan. Di samping itu perlu dikaji pula tinggi muka air tanah dalam kaitannya dengan kemungkinan pengaruh negatifnya terhadap sistem perakaran tanaman. Namun demikian dengan dasar pemikiran bahwa sistem peresapan ini akan mengembalikan ke kondisi alami dalam pengisian air tanah seperti sebelum

ada bangunan, maka diperhitungkan bahwa masalah tersebut bukan merupakan hal-hal yang sering dijumpai.

6) Tata guna lahan (*Land Use*)

Tata guna lahan berpengaruh terhadap prosentase air yang meresap ke dalam tanah dengan aliran permukaan. Pada lahan yang banyak tertutup beton bangunan, air hujan yang mengalir di permukaan tanah akan lebih besar dibandingkan air yang meresap ke dalam tanah. Dengan demikian di lahan yang berpenduduk padat, sumur resapan harus di buat lebih banyak dan lebih besar volumenya (Bachtiar, 2008).

7) Kondisi sosial ekonomi masyarakat.

Perencanaan sumur resapan harus mempertimbangkan kondisi sosial ekonomi masyarakat. Misalnya, pada kondisi perekonomian yang baik, biaya sumur resapan dapat dibebankan pada masyarakat dan konstruksinya dapat dibuat dari bahan-bahan yang benar-benar kuat. Sebaliknya pada kondisi sosial ekonomi masyarakat rendah, sumur resapan harus dibuat dari bahan-bahan yang murah dan mudah didapat dengan konstruksi sederhana

8) Ketersediaan bahan

Perencanaan sumur resapan harus mempertimbangkan ketersediaan bahan yang ada di lokasi. Untuk daerah perkotaan dapat dibuat dari bata, beton, tangki fiberglass atau cetakan beton. Sedangkan untuk daerah pedesaan, sumur resapan yang cocok dikembangkan dari bambu atau kayu yang tanah lapuk atau bahan murah dan mudah didapatkan (Bachtiar, 2008).

2.8.4 Konstruksi Sumur Resapan

Prinsip dari sumur resapan yaitu direncanakan agar mampu menampung dan meresapkan debit air hujan yang diperhitungkan. Oleh sebab itu, keliling dinding sumur dapat diberi pelindung yang berupa pasangan batu bata, batu kosong, beton atau tanpa diberi pelindung. Untuk penutup sumur bisa diberi plat beton atau bahan lainnya yang kuat agar aman.

Untuk menghitung dimensi sumur resapan dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$H = \frac{Q}{F \cdot K} \left(1 - e^{\left[\frac{F \cdot K \cdot T}{f \cdot R^2} \right]} \right) \quad (2.34)$$

Dimana :

H = Tinggi muka air dalam sumur (m)

F = Faktor geometrik (m)

Q = Debit air masuk (m³/dt)

T = Waktu Pengaliran (dt)

K = Koefisien permeabilitas tanah (m/dt)

R = Jari-jari sumur (m)

2.9 Aspek Lingkungan

Permasalahan lingkungan yang sering dijumpai pada saat ini adalah terjadinya genangan atau banjir pada musim penghujan dan menurunnya kuantitas air baku pada saat musim kemarau. Selain itu di beberapa tempat banyak terjadi penurunan kemampuan tanah dalam meresapkan air permukaan yang semua itu disebabkan oleh perubahan lingkungan yang merupakan dampak dari proses suatu pembangunan suatu daerah.

Dalam kajian ini menganalisa dampak yang terjadi terhadap lingkungan sekitar dari upaya konservasi berupa perubahan tata guna lahan, kolam retensi dan sumur resapan. Kajian lingkungan dilakukan dengan meninjau berbagai dampak negatif dan positif pada lingkungan akibat kegiatan. Kajian ini dilakukan pada tahap prakonstruksi, konstruksi, dan pasca konstruksi dengan menetapkan komponen lingkungan yang berpotensi terkena dampak kegiatan. Kajian dampak positif dan negatif tersebut disusun dengan mempertimbangkan aspek fisik, kimia, biologi, sosial-ekonomi, sosial budaya dan kesehatan masyarakat.

Menurut UU No. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan PP No. 27 tahun 1999 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup, AMDAL adalah kajian mengenai dampak besar dan penting suatu usaha dan/atau kegiatan yang direncanakan pada lingkungan hidup yang diperlukan bagi proses pengambilan keputusan tentang penyelenggaraan usaha dan/atau kegiatan.

Dalam Peraturan Pemerintah No. 27 tahun 1999, disebutkan bahwa AMDAL merupakan kajian mengenai dampak besar dan penting untuk pengambilan keputusan suatu usaha atau kegiatan yang direncanakan pada lingkungan hidup yang diperlukan bagi proses pengambilan keputusan tentang penyelenggaraan usaha atau kegiatan. Fungsi dari analisa dampak lingkungan itu sendiri yaitu sebagai alat pengelolaan lingkungan hidup yang bertujuan untuk menghindari dampak, meminimalisir dampak, dan melakukan mitigasi/kompensasi dampak. Juga bermanfaat untuk pedoman pengelolaan lingkungan dan pengembangan suatu wilayah.

Adanya kegiatan yang dapat merusak lingkungan berpotensi untuk memberikan Dampak Penting pada lingkungan hidup seperti jumlah manusia yang terkena dampak, luas wilayah persebaran dampak, intensitas dan lamanya dampak berlangsung, banyaknya komponen lingkungan lainnya yang terkena dampak, sifat kumulatif dampak, dan berbalik/tidak berbaliknya dampak. Dalam pasal 3 UU PPLH (Perlindungan dan Pengeloaan Lingkungan Hidup) disebutkan bahwa, kriteria usaha dan/atau kkegiatan berdampak penting yang wajib dilengkapi dengan amdal, antara lain:

1. Pengubahan bentuk lahan dan bentang alam.
2. Eksploitasi sumber daya alam terbaharui dan tidak terbaharui.
3. Kegiatan potensial menimbulkan pemborosan, kerusakan, kemerosotan dalam pemanfaatannya.
4. Kegiatan yang mempengaruhi pelestarian kawasan konservasi sumber daya alam.
5. Introduksi tumbuhan, jenis hewan, dan jasad renik.

6. Pembuatan bahan hayati dan non hayati.
7. Penerapan teknologi yg berpotensi besar mempengaruhi lingkungan hidup.
8. Kegiatan resiko tinggi dan mempengaruhi ketahanan negara.
9. Penerrapan teknologi yang diperkirakan mempunyai potensi besar untuk mempengaruhi lingkungan hidup.

Adapun jenis rencana usaha atau kegiatan dalam bidang pekerjaan umum yang wajib memiliki analisa mengenai dampak lingkungan menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2013 untuk pembangunan bendungan / waduk atau jenis tampungan lainnya dengan syarat:

1. Ketinggian diatas atau sama dengan 15 m
2. Daya tampung waduk seluas diatas atau sama dengan 500.000 m² atau
3. Luas genangan seluas diatas atau sama dengan 200 ha

2.10 Aspek Pembiayaan.

Dalam kaitannya dengan aspek pembiayaan nantinya akan digunakan metode perhitungan rencana anggaran biaya berdasarkan harga satuan pokok daerah Kabupaten Sampang. Dalam suatu kegiatan pembangunan atau suatu proyek perlu adanya analisa biaya atau disebut rencana anggaran biaya.

Rencanan anggaran biaya suatu kegiatan pembangunan atau poyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan dalam suatu kegiatan pembangunan atau proyek dengan memperhitungkan kebutuhan bahan dan upah serta biaya - biaya lain yang berhubungan dengan kegiatan pembangunan atau proyek tersebut. Anggaran biaya merupakan harga dari bahan bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat.

Anggaran biaya pada bangunan yang sama pada masing - masing daerah akan berbeda, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja disetiap daerah.

Penyusunan anggaran biaya yang dihitung secara teliti, didasarkan atau didukung oleh :

- a. Besteks, berguna untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat- syarat teknis
- b. Gambar bestek, berguna untuk menentukan/menghitung besarnya masing-masing volume pekerjaan
- c. Harga Satuan pekerjaan yang didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa BOW

BOW Singkatan dari *Bugerlijke Openbare Werken* ialah suatu ketentuan dan ketetapan umum yang ditentukan oleh Dir BOW tanggal 28 Februari 1921 Nomor 5372 A Pada zaman pemerintahan Belanda. Saat ini BOW diganti dengan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK), dimana tiap kota maupun kabupaten mengeluarkan HSPK masing-masing. HSPK setiap tahun ada perubahan disebabkan oleh adanya perubahan harga bahan dan upah setiap tahunnya.

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Pola Pikir Pelaksanaan Studi

Dalam penyusunan tesis ini pendekatan yang dipakai dalam penelitian menggunakan pendekatan survey dan penjelasan deskriptif. Penjelasan ini menggambarkan kondisi serta permasalahan yang terjadi beserta strategi untuk menangani permasalahan tersebut. Dalam penelitian ini menitik beratkan pada pengelolaan sumber daya air yaitu penerapan sistem *ecodrainage* di DAS Sungai Kamoning dengan tujuan untuk mengurangi debit banjir di Sungai Kamoning yang menimbulkan terjadinya banjir di Kabupaten Sampang. DAS Sungai Kamoning dibagi menjadi tiga sub DAS Antara lain : Sub DAS hulu, Sub DAS tengah dan Sub DAS hilir. Lokasi dalam penerapan sistem *ecodrainage* pada penelitian ini terletak di wilayah hulu dan tengah DAS Sungai Kamoning. DAS Sungai Kamoning.

Berdasarkan data debit hasil pemantauan menunjukkan adanya kenaikan debit yang signifikan di wilayah hilir DAS Sungai Kamoning, hal ini disebabkan oleh limpasan permukaan (*run off*) yang terjadi di wilayah hulu dan tengah DAS Sungai Kamoning langsung masuk ke badan sungai. Dengan kondisi tersebut maka perlu upaya penahanan laju limpasan permukaan (*run off*) supaya tidak langsung masuk ke badan sungai dengan penerapan sistem *ecodrainage*. Dari hasil upaya penahanan laju limpasan permukaan dengan penerapan sistem *ecodrainage* diharapkan dapat mengurangi debit banjir yang terjadi pada Sungai Kamoning sehingga berdampak positif terhadap lingkungan wilayah DAS Sungai Kamoning. Wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 Peta Wilayah Kajian DAS Sungai Kamoning. Langkah – langkah yang perlu dilakukan dalam penyusunan tesis ini adalah meliputi berbagai kegiatan antara lain pengamatan lokasi atau survey lapangan, pengumpulan data – data baik data primer maupun data sekunder, informasi dari instansi atau lembaga terkait serta masyarakat, menganalisa data dan menginterpretasikan data yang diperoleh untuk mendapat pemecahan masalah yang ada di lapangan.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur cara untuk menyelesaikan persoalan dengan menelusuri sumber – sumber tulisan yang pernah dibuat sebelumnya yang terkait dengan penelitian. Sumber tulisan diperoleh antara lain dari peraturan/ undang-undang yang berlaku, penelitian terdahulu berupa tugas akhir dan tesis, jurnal, *book chapter*, *textbook*, maupun *proceeding*

3.3 Pengumpulan Data dan Survey Lapangan

Dalam melakukan penelitian ini pengumpulan data harus dilakukan sekomprehensif mungkin guna untuk mendapatkan gambaran yang lengkap tentang permasalahan yang akan dibahas. Berdasarkan cara untuk mendapatkan data, data yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua, antara lain:

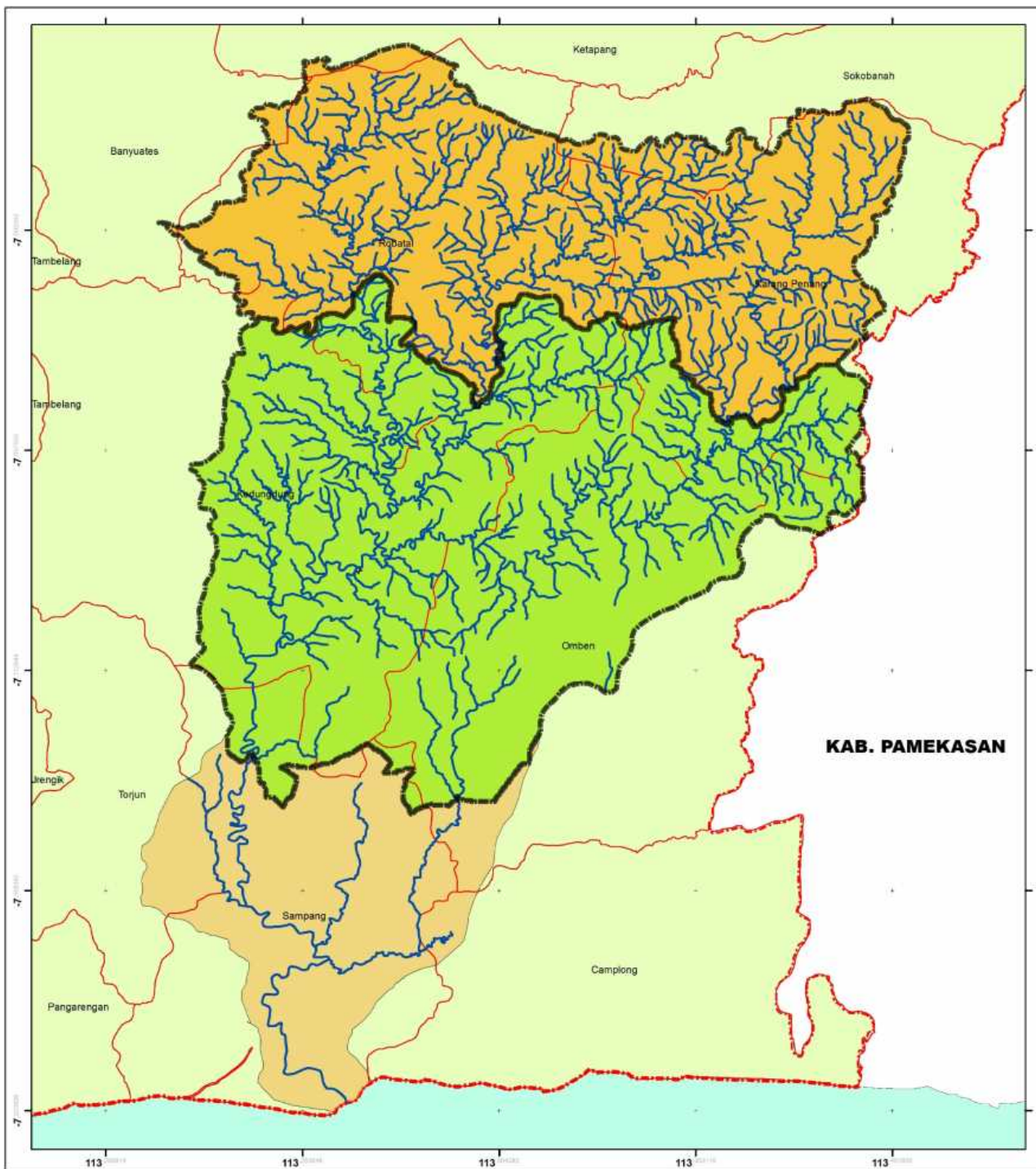
- **Data Primer**

Data yang diperoleh dari hasil survey lapangan, wawancara dengan sumber, observasi langsung ke lapangan terkait dengan masalah yang dibahas dalam penelitian ini. Maksud dari sumber yaitu masyarakat, instansi ataupun lembaga yang menangani permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini.

- **Data Sekunder**

Data yang diperoleh dari instansi terkait, antara lain Bappeda Kabupaten Sampang, Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya dan Tata Ruang Kabupaten Sampang, Dinas Pekerjaan Umum Pengairan, Badan Pusat Statistik Kabupaten Sampang. Data sekunder yang dibutuhkan untuk menunjang data primer meliputi:

- Data kependudukan yang didapatkan melalui Badan Pusat Statistik Kabupaten Sampang.
- Peta topografi, tata guna lahan, yang didapatkan melalui Bappeda Kabupaten Sampang.
- Data curah hujan 15 tahun terakhir, Peta DAS Kali Kamoning, data stasiun penakar hujan yang didapatkan melalui Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Sampang.



 <p>MAGISTER TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	JUDUL TESIS
	Penerapan Sistem Ecodrainage Dalam Mengurangi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)
	JUDUL PETA
	Peta Wilayah Kajian DAS Sungai Kamoning

Keterangan :

-  Batas Administrasi Kecamatan Sampang
-  Batas Wilayah Kajian
-  Sungai
-  Sub DAS Hulu
-  Sub DAS Tengah
-  Sub DAS Hilir

No Gambar

3.1



Skala 1:100.000

- Peta kemiringan lahan, data ini berfungsi untuk mengetahui nilai koefisien infiltrasi yang berpengaruh terhadap penyimpanan air tanah(*Ground Water Storage*).
- Peta jenis tanah dan sebarannya.

3.4 Analisa dan Pembahasan

Setelah semua data yang dibutuhkan dalam penelitian ini sudah terkumpul, dilakukan pengolahan data untuk analisis, dimana analisis tersebut dilakukan berdasarkan tiga aspek yaitu aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek pembiayaan.

a. Aspek Teknis

Analisa yang digunakan dalam aspek teknis ini adalah deskriptif kuantitatif yang meliputi :

- **Analisa Hidrologi.**

Analisa curah hujan maksimum daerah lokasi studi dengan menggunakan poligon thiessen, curah hujan rancangan dengan metode distribusi *Log Pearson Type III* kemudian diuji horisontal dan vertikal yang bertujuan untuk mengetahui kebenaran hipotesa distribusi frekuensi *Log Pearson Type III*.

- **Analisa Debit Rancangan**

Analisa debit rancangan diperoleh dari debit air hujan dengan menggunakan metode HSS Nakayasu dengan kala ulang 50 tahun.

- **Reduksi Banjir**

Analisa penurunan debit setelah menggunakan alternatif konservasi lahan, kolam retensi dan sumur resapan dengan menggunakan debit rancangan kala ulang 50 tahun.

b. Aspek Lingkungan

Dalam aspek lingkungan analisis yang digunakan adalah deskriptif kualitatif yang meliputi menganalisa dampak yang terjadi setelah masing – masing alternatif dilaksanakan terhadap lingkungan sekitarnya.

c. Aspek Pembiayaan

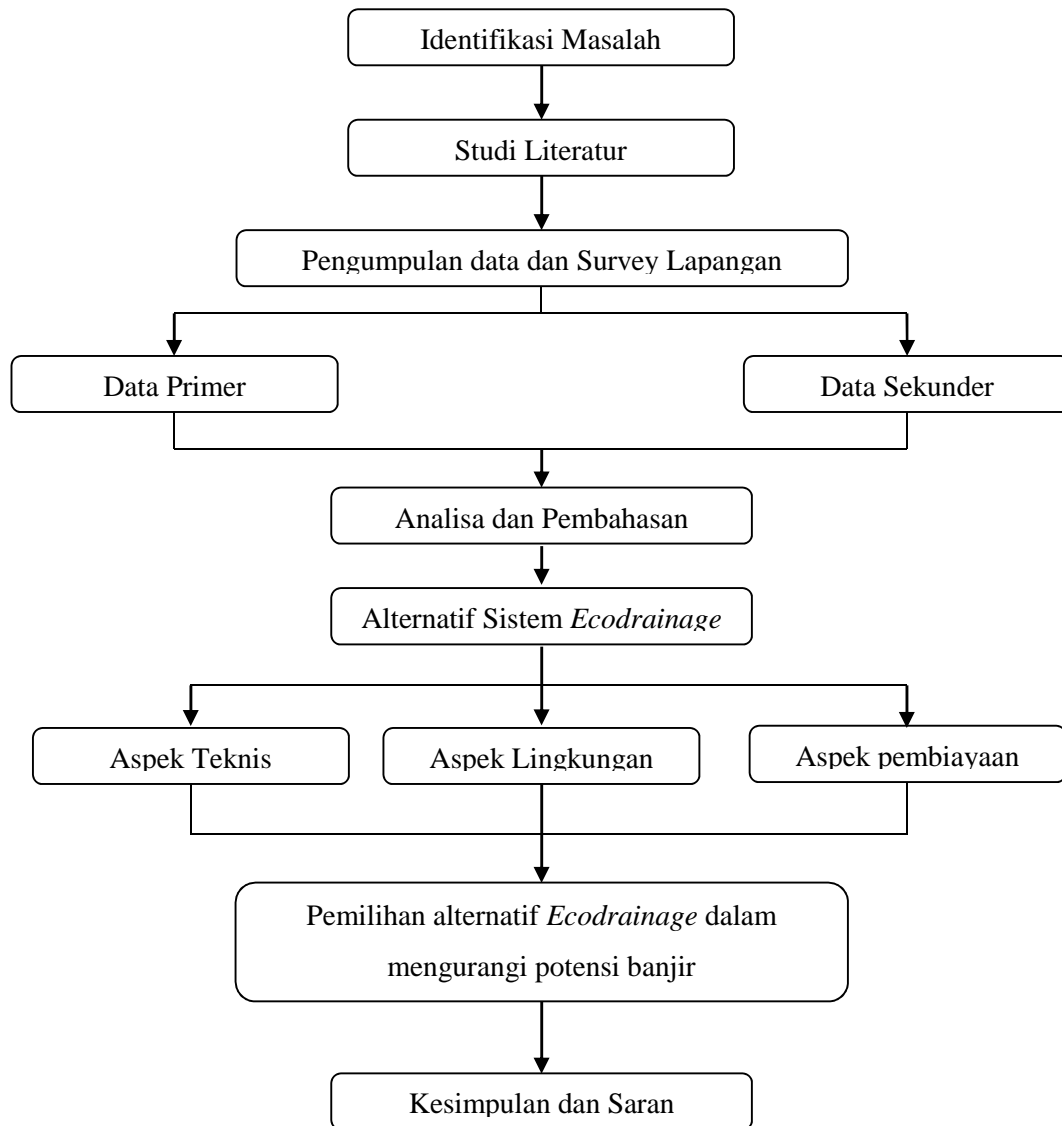
Menganalisa pembiayaan hasil dari alternatif yang telah dilakukan untuk mengetahui berapa besar biaya yang diperlukan dalam penerapan *ecodrainage* ini.

Setelah beberapa alternatif di analisis dengan menggunakan tiga aspek tersebut maka akan ditentukan dan dipilih alternatif penerapan sistem *ecodrainage* yang paling layak dalam mengurangi potensi banjir dengan didukung parameter – parameter lain.

3.5 Kesimpulan dan Saran

Tahap paling akhir yaitu tahap kesimpulan dan saran. Tahap penarikan kesimpulan adalah pernyataan mengenai hasil analisis dan pembahasan yang merupakan jawaban dari penelitian tersebut. Saran diberikan sebagai masukan bagi perencana dan pengelola sistem drainase.

3.6 Diagram Alir Tahapan Pengerjaan Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Pengerjaan Penelitian

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Curah Hujan

Data curah hujan yang dipakai dalam analisa penelitian ini menggunakan stasiun hujan yang dekat dengan batas DAS Sungai Kamoning serta yang berpengaruh besar terhadap kejadian banjir.

Untuk itu dipilih Stasiun Hujan Karang Penang, Robatal, Sampang, Omben, dan Kedungdung sehingga besarnya curah hujan harian memakai data curah hujan yang ada di lokasi secara langsung. Data curah hujan yang ditampilkan ada selama 10 tahun terakhir yaitu antara tahun 2006 – 2015.

4.1.1 Curah Hujan Harian Maksimum

Melihat kondisi di daerah studi yang terdapat lima stasiun hujan maka penentuan curah hujan Harian Maksimum yang digunakan adalah lima stasiun hujan. Perhitungan curah hujan harian maksimum berdasarkan (X_n) maksimum adalah curah hujan terbesar dalam satu hari tiap-tiap stasiun hujan, selama satu bulan untuk tiap-tiap tahun.

Adapun prosedur perhitungan adalah:

1. Pilih harga maksimum untuk masing-masing stasiun yang diuji tiap-tiap bulan.
2. Lakukan langkah no 1. untuk seluruh bulan dalam satu tahun
3. Nilai terbesar dalam satu tahun dipilih sebagai curah hujan maksimum

Data curah hujan harian maksimum yang terjadi di Sub DAS Sungai Kamoning dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4. 1 Tinggi Curah Hujan Harian Maksimum

NO	Tahun	Stasiun Penakar Hujan				
		Robatal (mm)	Karang Penang (mm)	Sampang (mm)	Omben (mm)	Kedungdung (mm)
1	2006	42,00	59,00	51,00	141,00	60,00
2	2007	88,00	142,00	132,00	88,00	43,00
3	2008	75,00	131,00	80,00	53,00	75,00
4	2009	35,00	131,00	64,00	115,00	30,00
5	2010	45,00	73,00	89,00	48,00	65,00
6	2011	43,00	47,00	67,00	36,00	69,00
7	2012	42,00	48,00	80,00	44,00	33,00
8	2013	78,00	162,00	82,00	49,00	82,00
9	2014	48,00	47,00	58,00	68,00	80,00
10	2015	42,00	57,00	73,00	98,00	75,00

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.2 Uji Konsistensi Data

Pada analisa uji konsistensi dengan lengkung masa ganda semua tinggi curah hujan harian tahunannya dari kelima stasiun pengamatan, yaitu stasiun Robatal, stasiun Karang Penang, stasiun Sampang, stasiun Omben dan stasiun Kedungdung dijumlahkan dalam satu periode tahunan dan diurutkan ke bawah dari tahun analisa data yang paling mendekati tahun yang dianalisa. Setiap stasiun penakar yang ada, tinggi curah hujan total pertahunnya dikumulatitkan menuju tahun terkecil dari data curah hujan yang diperoleh, selanjutn dibandingkan dengan kumulatif rata-rata dari keempat stasiun pembanding untuk menentukan sudut simpangan dan dari data curah hujan yang diplotkan dalam kertas grafik. Setelah mendapatkan nilai simpangan, kemudian menentukan nilai koreksi dari perbandingan tg dan tg yang merupakan koreksi terhadap berturut-turut dimana dimulainya terjadi penyimpangan . Langkah perhitungannya uji konsistensi dengan lengkung massa ganda adalah sebagai berikut :

1. Menghitung curah hujan total selama satu tahun dari data hujan harian yang ada terhadap semua stasiun penakar.

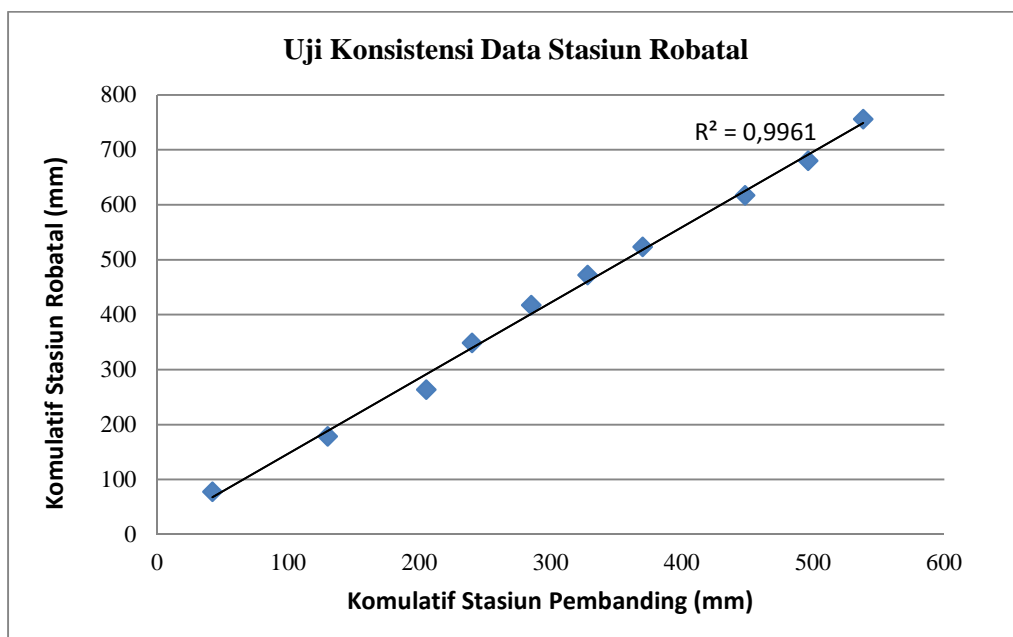
2. Menghitung kumulatif curah hujan total selama satu tahun terhadap stasiun yang diamati, kemudian dibandingkan terhadap kumulatif rata-rata stasiun pembanding lainnya.
3. Memplotkan dua data tersebut dalam kertas grafik untuk menentukan tahun dimana dimulai penyimpangan yang potensial.
4. Menghitung sudut simpangan awal () dan akhir () dari data kumulatif stasiun yang dianalisa terhadap stasiun pembanding lainnya.
5. Mengkoreksi curah hujan maksimum tahunan setiap stasiun penakar hujan yang ada terhadap angka koreksi (k) masing-masing stasiun penakar, yang kemudian setiap stasiun penakar hujan akan dibandingkan pada saat yang bersamaan dengan stasiun penakar hujan lainnya dengan periode penyimpangan terkoreksi yang merupakan periode salah satu stasiun penakar hujan yang ditinjau terhadap stasiun penakar hujan lainnya.

Perhitungan uji konsistensi dari kelima stasiun penakar hujan tersebut dapat dilihat dalam Tabel 4.2 berikut ini :

Tabel 4. 2 Perhitungan Uji Konsistensi Curah Hujan di Stasiun Robatal Terhadap Rerata Curah Hujan di Stasiun Karang Penang, Sampang, Omben dan Kedungdung.

Tahun	Stasiun Robatal	Kumulatif Stasiun Robatal	Stasiun Karang Penang	Stasiun Sampang	Stasiun Omben	Stasiun Kedungdung	Rerata Pembanding	Kumulatif Pembanding
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
2006	42,00	42	59,00	51,00	141,00	60,00	77,750	77,750
2007	88,00	130	142,00	132,00	88,00	43,00	101,250	179,000
2008	75,00	205	131,00	80,00	53,00	75,00	84,750	263,750
2009	35,00	240	131,00	64,00	115,00	30,00	85,000	348,750
2010	45,00	285	73,00	89,00	48,00	65,00	68,750	417,500
2011	43,00	328	47,00	67,00	36,00	69,00	54,750	472,250
2012	42,00	370	48,00	80,00	44,00	33,00	51,250	523,500
2013	78,00	448	162,00	82,00	49,00	82,00	93,750	617,250
2014	48,00	496	47,00	58,00	68,00	80,00	63,250	680,500
2015	42,00	538	57,00	73,00	98,00	75,00	75,750	756,250

Sumber: Hasil Perhitungan

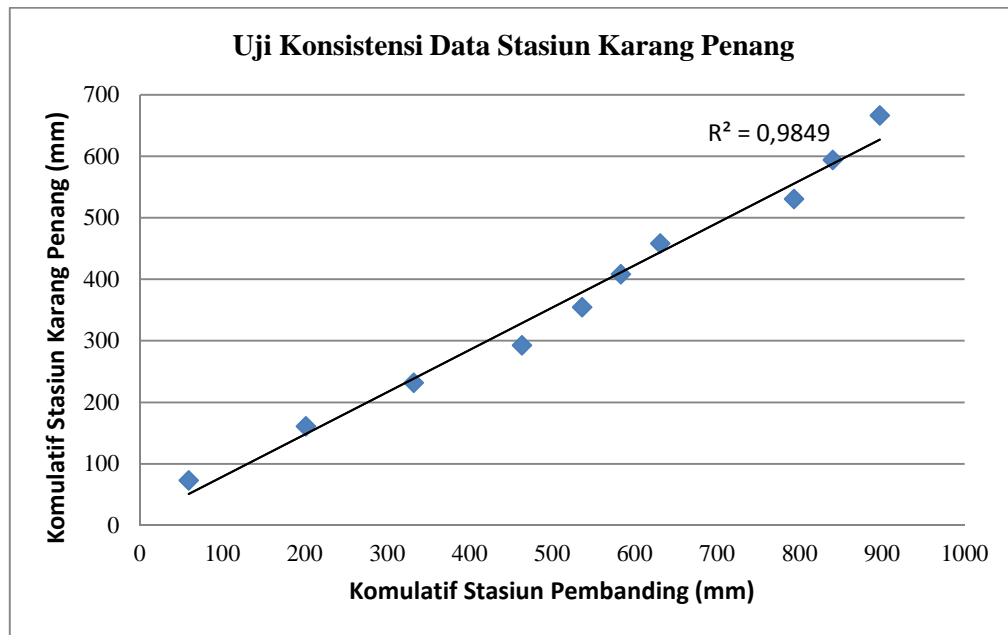


Gambar 4. 1 Grafik Uji Konsistensi Stasiun Robatal

Tabel 4. 3 Perhitungan Uji Konsistensi Curah Hujan di Stasiun Karang Penang Terhadap Rerata Curah Hujan di Stasiun Robatal, Sampang, Omben dan Kedungdung.

Tahun	Stasiun Karang Penang	Kumulatif Stasiun Karang Penang	Stasiun Robatal	Stasiun Sampang	Stasiun Omben	Stasiun Kedungdung	Rerata Pembanding	Kumulatif Pembanding
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
2006	59,00	59,00	42,00	51,00	141,00	60,00	73,500	73,500
2007	142,00	201,00	88,00	132,00	88,00	43,00	87,750	161,250
2008	131,00	332	75,00	80,00	53,00	75,00	70,750	232,000
2009	131,00	463	35,00	64,00	115,00	30,00	61,000	293,000
2010	73,00	536	45,00	89,00	48,00	65,00	61,750	354,750
2011	47,00	583	43,00	67,00	36,00	69,00	53,750	408,500
2012	48,00	631	42,00	80,00	44,00	33,00	49,750	458,250
2013	162,00	793	78,00	82,00	49,00	82,00	72,750	531,000
2014	47,00	840	48,00	58,00	68,00	80,00	63,500	594,500
2015	57,00	897	42,00	73,00	98,00	75,00	72,000	666,500

Sumber: Hasil Perhitungan

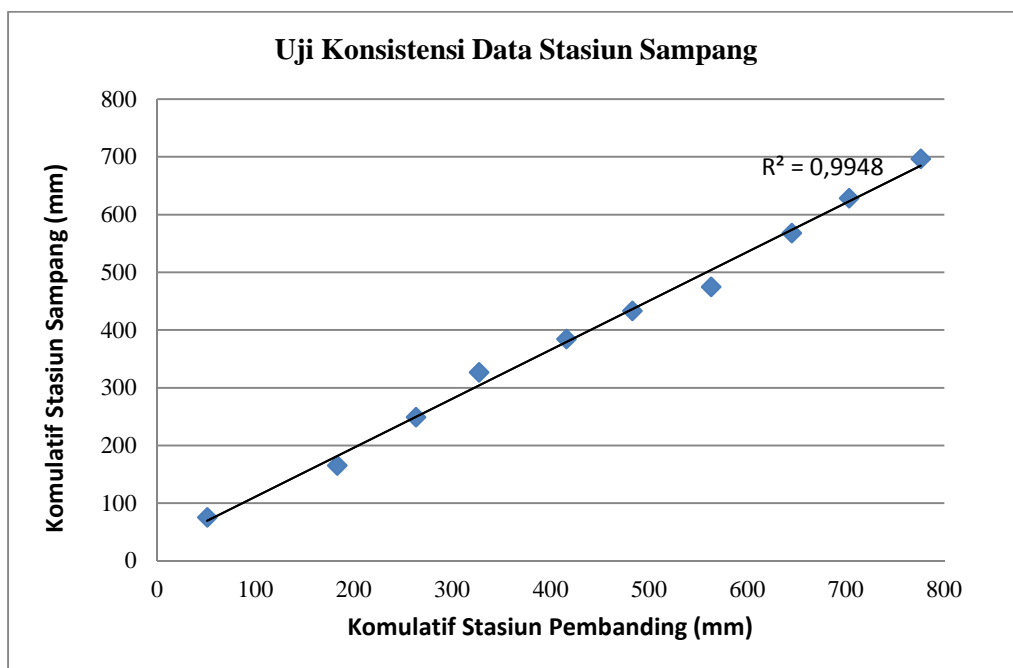


Gambar 4. 2 Grafik Uji Konsistensi Stasiun Karang Penang

Tabel 4. 4 Perhitungan Uji Konsistensi Curah Hujan di Stasiun Sampang Terhadap Rerata Curah Hujan di Stasiun Robatal, Karang Penang, Omben dan Kedungdung.

Tahun	Stasiun Sampang	Kumulatif Stasiun Sampang	Stasiun Robatal	Stasiun Karang Penang	Stasiun Omben	Stasiun Kedungdung	Rerata Pembanding	Kumulatif Pembanding
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
2006	51,00	51	42,00	59,00	141,00	60,00	75,500	75,500
2007	132,00	183	88,00	142,00	88,00	43,00	90,250	165,750
2008	80,00	263	75,00	131,00	53,00	75,00	83,500	249,250
2009	64,00	327	35,00	131,00	115,00	30,00	77,750	327,000
2010	89,00	416	45,00	73,00	48,00	65,00	57,750	384,750
2011	67,00	483	43,00	47,00	36,00	69,00	48,750	433,500
2012	80,00	563	42,00	48,00	44,00	33,00	41,750	475,250
2013	82,00	645	78,00	162,00	49,00	82,00	92,750	568,000
2014	58,00	703	48,00	47,00	68,00	80,00	60,750	628,750
2015	73,00	776	42,00	57,00	98,00	75,00	68,000	696,750

Sumber: Hasil Perhitungan

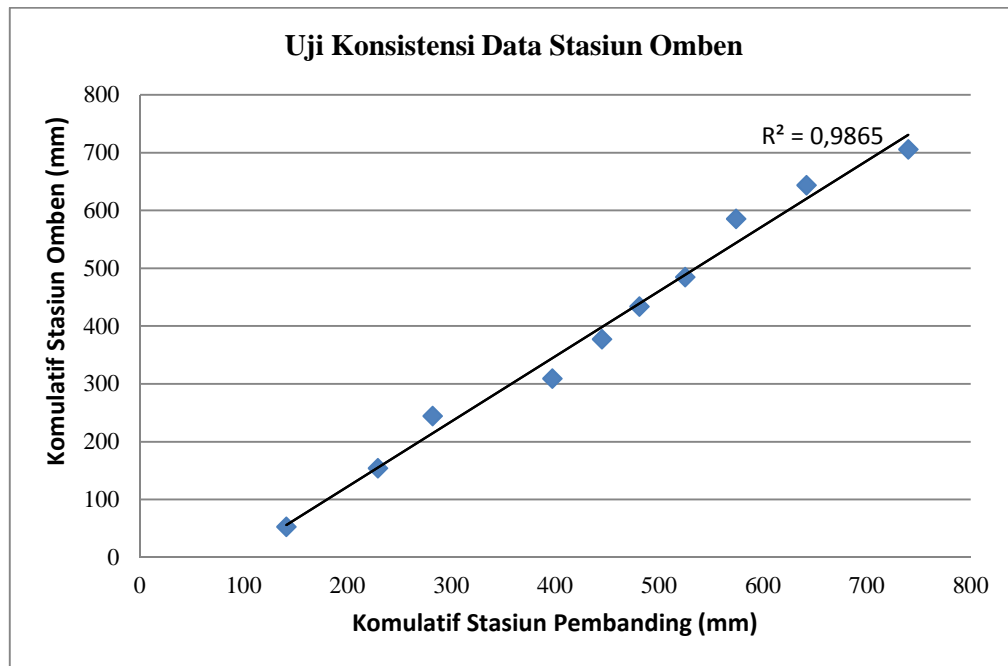


Gambar 4. 3 Grafik Uji Konsistensi Stasiun Sampang

Tabel 4. 5 Perhitungan Uji Konsistensi Curah Hujan di Stasiun Omben Terhadap Rerata Curah Hujan di Stasiun Robatal, Karang Penang, Sampang dan Kedungdung.

Tahun	Stasiun Omben	Kumulatif Stasiun Omben	Stasiun Robatal	Stasiun Karang Penang	Stasiun Sampang	Stasiun Kedungdung	Rerata Pembanding	Kumulatif Pembanding
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
2006	141,00	141	42,00	59,00	51,00	60,00	53,000	53,000
2007	88,00	229	88,00	142,00	132,00	43,00	101,250	154,250
2008	53,00	282	75,00	131,00	80,00	75,00	90,250	244,500
2009	115,00	397	35,00	131,00	64,00	30,00	65,000	309,500
2010	48,00	445	45,00	73,00	89,00	65,00	68,000	377,500
2011	36,00	481	43,00	47,00	67,00	69,00	56,500	434,000
2012	44,00	525	42,00	48,00	80,00	33,00	50,750	484,750
2013	49,00	574	78,00	162,00	82,00	82,00	101,000	585,750
2014	68,00	642	48,00	47,00	58,00	80,00	58,250	644,000
2015	98,00	740	42,00	57,00	73,00	75,00	61,750	705,750

Sumber: Hasil Perhitungan

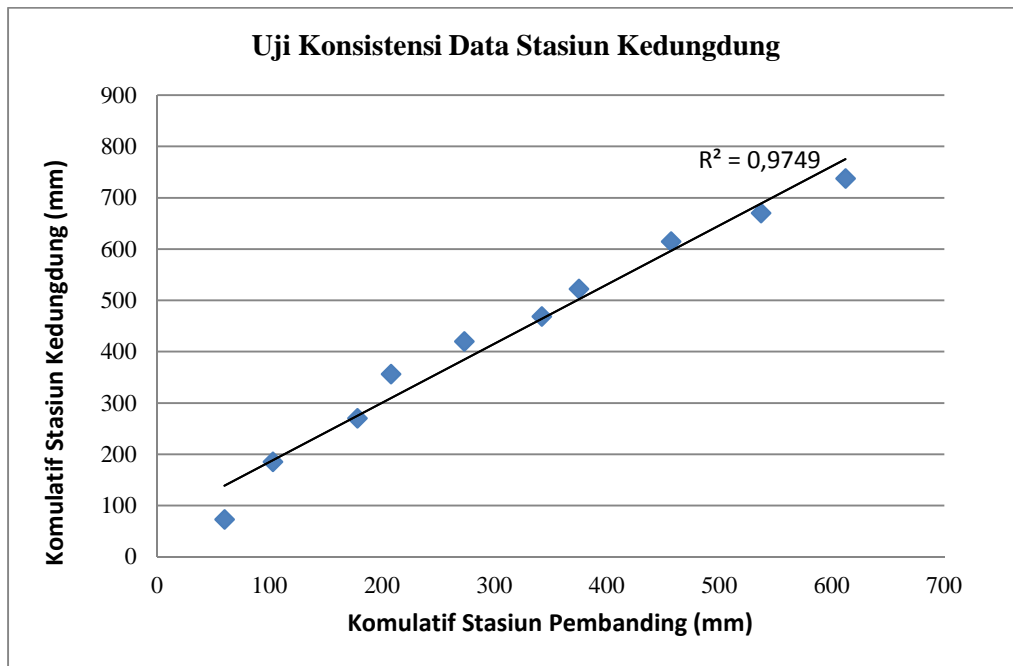


Gambar 4. 4 Grafik Uji Konsistensi Stasiun Omben

Tabel 4. 6 Perhitungan Uji Konsistensi Curah Hujan di Stasiun Kedungdung Terhadap Rerata Curah Hujan di Stasiun Robatal, Karang Penang, Sampang dan Omben.

Tahun	Stasiun Kedungdung	Kumulatif Stasiun Kedungdung	Stasiun Robatal	Stasiun Karang Penang	Stasiun Sampang	Stasiun Omben	Rerata Pembanding	Kumulatif Pembanding
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
2006	60,00	60	42,00	59,00	51,00	141,00	73,250	73,250
2007	43,00	103	88,00	142,00	132,00	88,00	112,500	185,750
2008	75,00	178	75,00	131,00	80,00	53,00	84,750	270,500
2009	30,00	208	35,00	131,00	64,00	115,00	86,250	356,750
2010	65,00	273	45,00	73,00	89,00	48,00	63,750	420,500
2011	69,00	342	43,00	47,00	67,00	36,00	48,250	468,750
2012	33,00	375	42,00	48,00	80,00	44,00	53,500	522,250
2013	82,00	457	78,00	162,00	82,00	49,00	92,750	615,000
2014	80,00	537	48,00	47,00	58,00	68,00	55,250	670,250
2015	75,00	612	42,00	57,00	73,00	98,00	67,500	737,750

Sumber: Hasil Perhitungan

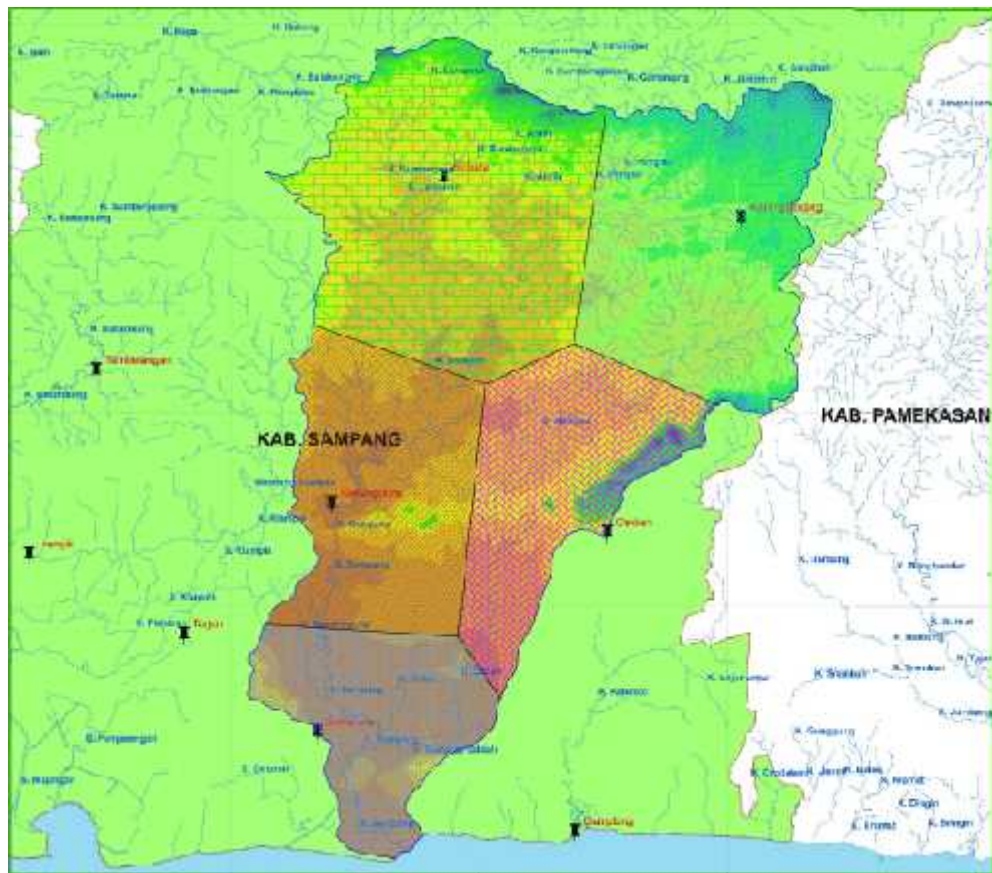


Gambar 4. 5 Grafik Uji Konsistensi Stasiun Kedungdung

Berdasarkan hasil dari analisa tren lengkung massa ganda (*double mass curve*) di lima stasiun penakar hujan didapatkan masing – masing nilai R^2 mendekati nilai 1. Maka dengan hasil mendekati nilai 1 disimpulkan bahwa tidak ada penyimpangan data dari kelima stasiun penakar hujan .

4.2 Analisa Curah Hujan Rerata Daerah Dengan Metode *Poligon Thiessen*

Dalam penelitian ini untuk menganalisa curah hujan rerata daerah menggunakan metode *poligon thiessen*. Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat (Suripin, 2004).



Gambar 4. 6 Hasil Pembuatan Poligon Thiessen

Dari hasil pembuatan poligon thiessen pada Gambar 4.6 maka diperoleh luas daerah pengaruh masing-masing pos stasiun penakar hujan sebagai berikut :

- a. Stasiun Karang Penang = 78,188 km²
- b. Stasiun Robatal = 97,323 km²
- c. Stasiun Sampang = 47,024 km²
- d. Stasiun Omben = 58,131 km²
- e. Stasiun Kedungdung = 62,567 km²

Nilai luas daerah pengaruh masing-masing pos stasiun hujan kemudian di presentase bobot terhadap luas total DAS Sungai Kamoning. Berikut nilai bobot luas daerah masing-masing pos stasiun penakar hujan terhadap luas total.

Tabel 4. 7 Luas Daerah Pengaruh Masing – Masing Stasiun Panakar Hujan

Nama Stasiun	Luas (Ha)	Luas (km²)	Nilai Bobot
Stasiun Karang Penang	7.818,842	78,188	0,228
Stasiun Kedungdung	6.256,654	62,567	0,182
Stasiun Omben	5.813,094	58,131	0,169
Stasiun Robatal	9.732,327	97,323	0,284
Stasiun Sampang	4.702,410	47,024	0,137
Total	34.323,327	343,233	1,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan nilai bobot luas daerah pengaruh masing-masing pos stasiun panakar hujan maka dapat dilakukan perhitungan curah hujan rerata daerah menggunakan persamaan (2.6) seperti berikut :

$$d = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + \dots + A_n d_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A_i} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A}$$

dengan :

A = luas areal

d = tinggi curah hujan rata-rata areal

d₁, d₂, ..., d_n = tinggi curah hujan di pos 1, 2, ..., n

A₁, A₂, A₃, ..., A_n = luas daerah pengaruh pos 1, 2, 3, ..., n

Hasil dari perhitungan curah hujan rerata daerah dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4. 8 Perhitungan Hujan Rerata Daerah DAS Sungai Kamoning

No.	Tahun	Sta Robatal	Sta Karang Penang	Sta Sampang	Sta Omben	Sta Kedungdung	R Maks
		0,284	0,228	0,137	0,169	0,182	
1	2006	42,00	59,00	51,00	141,00	60,00	67,15
2	2007	88,00	142,00	132,00	88,00	43,00	98,13
3	2008	75,00	131,00	80,00	53,00	75,00	84,72
4	2009	35,00	131,00	64,00	115,00	30,00	73,48
5	2010	45,00	73,00	89,00	48,00	65,00	61,56
6	2011	43,00	47,00	67,00	36,00	69,00	50,75
7	2012	42,00	48,00	80,00	44,00	33,00	47,27
8	2013	78,00	162,00	82,00	49,00	82,00	93,50
9	2014	48,00	47,00	58,00	68,00	80,00	58,36
10	2015	42,00	57,00	73,00	98,00	75,00	65,16

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3 Analisa Curah Hujan Rancangan

Hasil dari perhitungan hujan rerata daerah menggunakan metode poligon thiessen selanjutnya dipakai untuk perhitungan curah hujan rancangan. Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan peluang tertentu. Tujuan dari analisa curah hujan rancangan adalah untuk memperoleh besar curah hujan dengan periode ulang tertentu. Periode ulang yang dihitung dalam studi ini yaitu periode 50 tahun dengan menggunakan metode Distribusi Log Person Type III.

4.3.1 Metode Distribusi Log Pearson Type III

Dalam studi ini, metode analisis hujan rancangan yang digunakan adalah metode *Log Pearson Tipe III*, karena metode ini dapat dipakai untuk semua sebaran data tanpa harus memenuhi syarat koefisien kemencengan (*skewness*) dan koefisien kepuncakan (*kurtosis*).

Langkah-langkah perhitungan Distribusi *Log Pearson Tipe III* adalah sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

1. Mengubah data curah hujan harian maksimum tahunan dalam bentuk logaritma (sebelumnya data curah hujan telah diurutkan dari kecil ke besar).
2. Menghitung nilai rerata logaritma :

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}Xi}{n} = \frac{18,33}{10} = 1,83$$

dengan :

$\text{Log}Xi$ = logaritma hujan rerata harian maksimum

n = banyaknya data

3. Menghitung besarnya simpangan baku (standar deviasi) :

$$S\overline{\text{Log}X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log}Xi - \overline{\text{Log}X})^2}{n-1}} = 0,11$$

4. Menghitung koefisien kemencengan :

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log}Xi - \overline{\text{Log}X})^3}{(n-1)(n-2)S\overline{\text{Log}X}^3} = \frac{0,000044}{(10-1)(10-2)0,11^3} = 0,11$$

5. Menghitung logaritma curah hujan rancangan dengan periode ulang 50 th :

$$\text{Log } X = \overline{\text{Log}X} + K \cdot S\overline{\text{Log}X}$$

$$\text{Log } X = 1,83 + (2,113 \times 0,11)$$

$$\text{Log } X = 2,06$$

$$X = 114,49$$

dengan :

K = Faktor sifat distribusi Log Person Tipe III yang merupakan fungsi koefisienkemencengan (Cs) terhadap kala ulang atau probabilitas (P) ditentukan dari Tabel nilai K untuk Log Pearson tipe III dengan nilai Cs negatif.

Untuk hasil perhitungan curah hujan rancangan dengan metode *Log Pearson Tipe III* dapat dilihat pada Tabel 4.19 berikut ini:

Tabel 4. 9 Perhitungan Distribusi *Log Pearson Tipe III*

No.	Tahun	Xi (mm)	P (%)	Log Xi	$(\text{Log Xi} - \overline{\text{Log X}})^2$	$(\text{Log Xi} - \overline{\text{Log X}})^3$
1	2012	47,27	9,0909	1,67	0,03	0,000016
2	2011	50,75	18,1818	1,71	0,02	0,000004
3	2014	58,36	27,2727	1,77	0,00	0,000000
4	2010	61,56	36,3636	1,79	0,00	0,000000
5	2015	65,16	45,4545	1,81	0,00	0,000000
6	2006	67,15	54,5455	1,83	0,00	0,000000
7	2009	73,48	63,6364	1,87	0,00	0,000000
8	2008	84,72	72,7273	1,93	0,01	0,000001
9	2013	93,50	81,8182	1,97	0,02	0,000007
10	2007	98,13	90,9091	1,99	0,03	0,000016
Jumlah		700,09		18,33		0,000044
Rerata				1,83		
Stand. Dev				0,11		
Koef. Kemencengan (Cs)				0,11		

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

Xi = Curah hujan maksimum rerata daerah setelah diurutkan

Dari hasil perhitungan curah hujan rancangan metode Log Person Type III selanjutnya dihitung hujan rancangan dengan berbagai kala ulang. Hasil dari perhitungan hujan rancangan berbagai kala ulang dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini :

Tabel 4. 10 Perhitungan Hujan Rancangan dengan Berbagai Kala Ulang

No	Tr (tahun)	R rata- rata (Log)	Std Deviasi (log)	Kemencengan (Cs)	Peluang (%)	K	Curah Hujan Rancangan	
							Log	mm
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1	2	1,83	0,11	0,11	50	-0,019	1,83	67,81
2	5	1,83	0,11	0,11	20	0,835	1,92	83,65
3	10	1,83	0,11	0,11	10	1,293	1,97	93,60
4	25	1,83	0,11	0,11	4	1,789	2,02	105,73
5	50	1,83	0,11	0,11	2	2,113	2,06	114,49
6	100	1,83	0,11	0,11	1	2,408	2,09	123,10

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan :

[1] = Nomor

[2] = Kala Ulang

[3] = $(\text{SlogXi})/n$

[4] = $((\text{S}(\text{LogXi} - \overline{\text{LogX}})) / (n-1))^{0,5}$

[5] = $(n \cdot \text{S}(\text{LogXi} - \overline{\text{LogX}})^3) / ((n-1)(n-2)(\overline{\text{SLogX}})^3)$

[6] = $(1/\text{Tr}) \cdot 100 = (1/[2]) \cdot 100$

[7] = tabel faktor sifat Distribusi *Log Pearson Tipe III* berdasarkan nilai Cs dan peluang atau kala ulang

[8] = $\overline{\text{LogX}} + K \cdot \overline{\text{SLogX}} = [3] + [7] \times [4]$

[9] = antilog [8]

Dari hasil perhitungan menggunakan metode *Log Pearson Tipe III* didapat nilai curah hujan rancangan dengan kala ulang 50 tahun sebesar 114,49 mm.

4.4 Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi dimaksudkan untuk mengetahui apakah distribusi yang dipilih dapat digunakan atau tidak, untuk serangkaian data yang tersedia.

Dalam studi ini, untuk keperluan analisis uji kesesuaian distribusi digunakan dua metode statistik, yaitu Uji *Chi Square* dan Uji *Smirnov Kolmogorov*.

4.4.1 Uji Distribusi Smirnov Kolmogorov

Uji *Smirnov Kolmogorov* digunakan untuk membandingkan peluang yang paling maksimum antara distribusi empiris dan distribusi teoritis yang disebut maks. Adapun hasil perhitungan uji *Smirnov Kolmogorov* dengan menggunakan persamaan (2.15 – 2.17) dapat dilihat pada Tabel 4.11 – Tabel 4.14 berikut ini :

Tabel 4. 11 Peluang dari setiap data hujan

No	Xi (mm)	Log Xi	K	Pr
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
1	47,27	1,675	-1,488	0,932
2	50,75	1,705	-1,198	0,883
3	58,36	1,766	-0,630	0,721
4	61,56	1,789	-0,413	0,643
5	65,16	1,814	-0,181	0,559
6	67,15	1,827	-0,059	0,514
7	73,48	1,866	0,308	0,385
8	84,72	1,928	0,887	0,189
9	93,50	1,971	1,289	0,101
10	98,13	1,992	1,485	0,077
Jumlah		18,33		
Rerata(\overline{L})		1,833		
Std. Dev(SL)		0,107		
Cs		0,111		

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan :

Kolom (1) = Nomor urut

Kolom (2) = data hujan rerata daerah diurutkan

Kolom (3) = data log dari hujan rerata daerah

Kolom (4) =
$$\frac{LogXi - \overline{LogXi}}{SLogXi}$$

$$= \frac{1,675-1,833}{0,107}$$

$$= -1,488$$

Kolom (5) = hasil dari interpolasi nilai K untuk mencari nilai Pr (Probabilitas).

Tabel 4. 12 Nilai K untuk mencari nilai Pr

Probabilitas	99,0	95,0	90,0	80,0	50,0	20,0	10,0	4,0	2,0	1,0	0,5	0,1
Kala Ulang	1,010	1,053	1,111	1,25	2	5	10	25	50	100	200	1000
0,1	-2,252	-1,616	-1,270	-0,846	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,230
0,2	-2,178	-1,586	-1,258	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
K	-2,244	-1,613	-1,269	-0,846	-0,019	0,835	1,293	1,789	2,113	2,408	2,681	3,247

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.12 maka dapat dicari nilai Pr dengan menginterpolasi nilai K. Dengan nilai K = -1,488 maka nilai tersebut berada diantara Probabilitas 95 dan 90 sehingga hasil dari interpolasi nilai K didapat nilai Pr sebesar 93,185%.

Tabel 4. 13 Uji Kesesuaian Distribusi *Smirnov Kolmogorov* untuk *Log Pearson Type III*

No	Xi (mm)	Log Xi	Px	K	Pr	P'x	= Px-P'x
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
1	47,27	1,675	0,091	-1,488	0,932	0,068	0,023
2	50,75	1,705	0,182	-1,198	0,883	0,117	0,065
3	58,36	1,766	0,273	-0,630	0,721	0,279	0,006
4	61,56	1,789	0,364	-0,413	0,643	0,357	0,006
5	65,16	1,814	0,455	-0,181	0,559	0,441	0,013
6	67,15	1,827	0,545	-0,059	0,514	0,486	0,060
7	73,48	1,866	0,636	0,308	0,385	0,615	0,022
8	84,72	1,928	0,727	0,887	0,189	0,811	0,084
9	93,50	1,971	0,818	1,289	0,101	0,899	0,081
10	98,13	1,992	0,909	1,485	0,077	0,923	0,014
max =							0,084

Sumber: Hasil Perhitungan

- Menghitung peluang empiris (P_x) dengan rumus *Weibull* (Soewarno, 1995) :

$$P_x = \frac{m}{n+1}$$

Diambil contoh pada data nomor urut 1:

$$P_e = \frac{1}{10 + 1} = 0,091$$

- Menghitung peluang teoritis (P'_x) dengan rumus :

$$P'_x = 1 - P_r$$

$$P'_x = 1 - 0,932 = 0,068$$

dengan :

P_r = Probabilitas yang terjadi

- Menghitung simpangan maksimum (Δ_{maks}) dengan rumus :

$$\Delta = |P_x - P'_x| = |0,091 - 0,068| = 0,023$$

- Nilai Δ_{tabel} didapat berdasarkan tabel nilai kritis Δ_o untuk uji *smirnov kolmogorov* dimana nilai tersebut didapat dari hubungan antara jumlah data (N) dan derajat kepercayaan (α).

Tabel 4. 14 Tabel Nilai kritis U_o untuk uji *Smirnov Kolmogorov*

N	0,2	0,1	0,05	0,01
10	0,32	0,37	0,41	0,49

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil dari perhitungan didapat $\Delta_{\text{maks}} = 0,084$, sedangkan dari tabel nilai kritis Δ_o untuk uji *Smirnov Kolmogorov* didapat Δ_{kritis} (dengan N = 10).

Tabel 4. 15 Keputusan Uji Distribusi *Smirnov Kolmogorov*

	kritis	max	Keterangan
0,2	0,32	0,084	diterima
0,1	0,37	0,084	diterima
0,05	0,41	0,084	diterima
0,01	0,49	0,084	diterima

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa $\Delta_{\text{Maks}} < \Delta_{\text{tabel}}$ maka distribusi teoritis *Log Pearson Type III* yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima.

4.4.2 Uji Chi Square

Uji *Chi Square* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 .

Parameter χ^2 dapat dihitung dengan rumus (Soewarno, 1995):

$$\chi^2_h = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

dengan :

χ^2_h = parameter *Chi Square* terhitung

G = jumlah sub grup

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub grup ke i

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub grup ke i

Kriteria penilaiannya adalah sebagai berikut :

- ✓ Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- ✓ Apabila peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- ✓ Apabila peluang lebih kecil dari 1% - 5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, perlu penambahan data.

Adapun hasil perhitungan dari uji *Chi Square* dapat dilihat pada Tabel 4.16

– Tabel 4. 19 berikut ini :

1. Mengurutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)

Tabel 4. 16 Data Yang Telah Diurutkan

No	Xi (mm)	Log Xi
[1]	[2]	[3]
1	47,27	1,675
2	50,75	1,705
3	58,36	1,766
4	61,56	1,789
5	65,16	1,814
6	67,15	1,827
7	73,48	1,866
8	84,72	1,928
9	93,50	1,971
10	98,13	1,992

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Mengelompokkan data menjadi G sub grup dengan persamaan *Struges* :

$$\begin{aligned}
 K &= 1 + 3,322 \log n \\
 &= 1 + 3,322. \log 10 \\
 &= 4,322 \quad 4
 \end{aligned}$$

Maka data dibagi menjadi 4 sub grup

Sehingga interval untuk masing-masing kelas = 25 % (0,25)

3. Menghitung derajat bebas

$$\begin{aligned}
 &= K - 2 - 1 = 4 - 2 - 1 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

4. Menghitung frekuensi yang diharapkan (E_i)

$$E_i = \frac{\Sigma data}{\Sigma kelas}$$

$$E_i = \frac{10}{4} = 2,5$$

5. Menghitung pembagian batas kelas berdasarkan probabilitas 75, 50 dan 25.

Tabel 4. 17 Perhitungan Batas Kelas

Pr	K	x	y
[1]	[2]	[3]	[4]
75	-0,709	1,758	57,245
50	-0,019	1,831	67,815
25	0,693	1,907	80,773

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan :

Kolom (1) = Probabilitas

Kolom (2) = Koefisien K dari tabel 4.12

Kolom (3) = rerata Log X + K.Slog X

$$= 1,833 + (-0,709 \times 0,107)$$

$$= 1,758$$

Kolom (4) = Anti Log x

$$= 10^{1,758}$$

$$= 57,245$$

6. Melakukan perhitungan Uji *Chi-Square* seperti pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Uji *Chi-Square* Distribusi Log Pearson Type III

No.	Batas Kelas		Oi	Ei	(Oi-Ei) ²	(Oi-Ei) ² /Ei
[1]	[2]		[3]	[4]	[5]	[6]
1	X	57,245	2	2,5	0,25	0,10
2	57,245 < X < 67,815		4	2,5	2,25	0,90
3	67,815 < X < 80,773		1	2,5	2,25	0,90
4	X	80,773	3	2,5	0,25	0,10
Jumlah			10	10	5	2,0

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan :

Kolom (1) = Nomor urut

Kolom (2) = Data tiap pembagian kelas berdasarkan tabel 4.17

Kolom (3) = Banyaknya data hujan yang masuk di setiap pembagian kelas

Kolom (4) = Frekuensi yang diharapkan (E_i)

Kolom (5) = nilai dari perhitungan $(O_i - E_i)^2$

Kolom (6) = nilai dari perhitungan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$

7. Menghitung $t^2_{hitung} = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = 2$

8. Menentukan t^2_{tabel} dari tabel nilai kritis untuk distribusi *Chi Square* dengan derajat kepercayaan (α) dan derajat kebebasan (dk).

Untuk derajat kepercayaan (α) = 5%

$\alpha = 5\%$ dan $dk = 1 \rightarrow t^2_{tabel} = 3,841$

Untuk derajat kepercayaan (α) = 1%

$\alpha = 1\%$ dan $dk = 1 \rightarrow t^2_{tabel} = 6,635$

Tabel 4. 19 Keputusan Uji Distribusi *Chi Square*

No.		X^2_{tabel}	X^2_{hit}	Keterangan	
1	1%	6,635	2,0	$X^2_{hit} < X^2_{tabel}$	Distribusi dapat diterima
2	5%	3,841	2,0	$X^2_{hit} < X^2_{tabel}$	Distribusi dapat diterima

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan tabel 4.19 untuk peluang 1 % didapat t^2_{hit} sebesar 2 dan t^2_{tabel} sebesar 6,635 maka $t^2_{hit} < t^2_{tabel}$ sedangkan untuk peluang 5 % didapat t^2_{hit} sebesar 2 dan t^2_{tabel} sebesar 3,841 maka $t^2_{hit} < t^2_{tabel}$ maka dapat disimpulkan uji *Chi Square* untuk distribusi *Log Pearson Type III* terpenuhi atau diterima.

4.5 Analisa Hidrograf Debit Banjir Rancangan

4.5.1 Pola Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman

Untuk merubah curah hujan rancangan menjadi debit rancangan diperlukan curah hujan jam-jaman. Pada umumnya data hujan yang tersedia pada stasiun alat penakar hujan adalah data hujan harian, dimana data yang tercatat yaitu data curah hujan secara kumulatif selama 24 jam. Apabila tersedia data hujan otomatis, maka pola distribusi hujan jam-jaman dapat dibuat dengan mengabaikan waktu kejadian. Setiap kejadian ini di terapkan untuk mendapatkan distribusi harian menjadi setiap jam.

$$R_t = \frac{R_{24} \left(\frac{t}{T} \right)^{2/3}}{t}$$

Menghitung distribusi hujan jam-jaman dengan rumus:

$$RT = t.R_t - [(t-1) R_{t-1}]$$

Dengan :

R_t = rata-rata hujan sampai jam ke-T (mm/jam)

R_{24} = curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)

RT = curah hujan pada jam ke-T (mm)

t = lama waktu hujan (jam), diasumsi durasi hujan selama 4 jam
(hujan terpusat untuk daerah Indonesia rata-rata 4 jam)

T_c = waktu konsentrasi hujan (jam)

Maka contoh perhitungan untuk :

➤ Jam ke – $t = 0,5$:

Rata – rata hujan sampai jam ke – $t = 0,5$:

$$\begin{aligned} R_{0,5} &= \frac{R_{24}}{4} \left(\frac{4}{0,5} \right)^{2/3} \\ &= 1,00 R_{24} \end{aligned}$$

Curah hujan pada jam ke – $0,5$:

$$\begin{aligned} R_{0,5} &= t.R_t - [(t-0,5) R_{t-0,5}] \\ &= 0,5 \times 1,00R_{24} - (0,5 - 0,5) \\ &= 0,5 R_{24} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rasio} &= 0,5 \times 100 \\ &= 50,0 \%\end{aligned}$$

➤ Jam ke – t = 1,0 :

Rata – rata hujan sampai jam ke – t = 1,0 :

$$\begin{aligned}R_1 &= \frac{R_{24}}{4} \left(\frac{4}{1} \right)^{2/3} \\ &= 0,630 R_{24}\end{aligned}$$

Curah hujan pada jam ke – 1,0 :

$$\begin{aligned}R_2 &= t.RT - [(t-1) R_{t-1}] \\ &= 1,0 \times 0,630 R_{24} - (1,0 - 0,5) \cdot 1,00 R_{24} \\ &= 0,130 R_{24}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rasio} &= 0,130 \times 100 \\ &= 13,00 \%\end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan distribusi curah hujan jam-jaman sampai jam ke – t = 4 dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4. 20 Distribusi Hujan Jam-jaman

Jam ke -	Rt (mm)	RT (mm)	Rasio %
0,50	1,000	0,500	50,00
1,00	0,630	0,130	13,00
1,50	0,481	0,091	9,12
2,00	0,397	0,073	7,26
2,50	0,342	0,061	6,13
3,00	0,303	0,054	5,36
3,50	0,273	0,048	4,79
4,00	0,250	0,044	4,35

Sumber: Hasil Perhitungan

4.5.2 Koefisien Limpasan

Luas DAS Sungai Kamoning adalah 34.323,327 ha dengan kondisi tata guna lahan yang beragam. Jenis tataguna lahan pada DAS Sungai Kamoning dapat dilihat pada tabel 4.21.

Tabel 4. 21 Koefisien Limpasan DAS Sungai Kamoning.

Jenis Lahan	Peruntukan	Luas (ha)	C	C x A
Danau/bendungan		3,188	0,05	0,159
Hutan Produkti		547,596	0,20	109,519
Kebun		1287,641	0,30	386,292
Ladang		18125,167	0,40	7250,067
Permukiman		5457,114	0,50	2728,557
Penggaraman		244,661	0,05	12,233
Rawa/hutan rawa		81,531	0,15	12,230
Sawah Irigasi		2635,906	0,45	1186,158
Sawah Tadah Hujan		5818,764	0,50	2909,382
Sungai		121,759	0,05	6,088
		34.323,327		14.600,685
C_{komposit}			0,425	

Sumber: Hasil Perhitungan

Dengan menggunakan persamaa 2.20 maka dapat dihitung besaran koefisien limpasan (C) pada DAS Sungai Kamoning. Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.21 maka didapatkan besar koefisien limpasan (C) sebesar 0,425.

4.5.3 Distribusi Curah Hujan Netto Jam-Jaman.

Curah hujan netto atau curah hujan efektif adalah bagian dari hujan total yang dihasilkan oleh limpasan langsung. Besarnya curah hujan efektif (hujan netto) dirumuskan dalam persamaan:

$$Re = C \cdot R$$

Dengan :

$$Re = \text{Curah hujan efektif (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien limpasan}$$

$$R = \text{Curah hujan total (mm)}$$

Untuk perhitungan curah hujan netto dapat diliha pada Tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Perhitungan Curah Hujan Efektif

Jam	Nisbah hujan jam-jaman (%)	Hujan Efektif Tiap Jam Kala Ulang 50 th
0,50	0,50	24,351
1,00	0,13	6,329
1,50	0,09	4,440
2,00	0,07	3,535
2,50	0,06	2,985
3,00	0,05	2,609
3,50	0,05	2,333
4,00	0,04	2,120
Hujan Rancangan (mm)		114,490
Koefisien Limpasan		0,425
Hujan Efektif (mm)		48,703

Sumber: Hasil Perhitungan

4.5.4 Estimasi Debit Banjir Rancangan

Analisa selanjutnya untuk menghitung debit banjir rancangan pada DAS Sungai Kamoning dengan menggunakan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu. Dalam menghitung debit banjir rancangan besarnya aliran dasar (*baseflow*) dijumlahkan dengan debit banjir. Pada daerah studi, aliran dasar dianggap $0 \text{ m}^3/\text{dt}$, karena lokasi studi merupakan daerah kering.

Langkah selanjutnya menganalisis debit banjir rancangan dengan metode HSS Nakayasu. Dari data yang diperoleh karakteristik DAS Sungai Kamoning, sebagai berikut :

$$\text{Luas DAS} = 343,23 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang Sungai} = 58,10 \text{ km}$$

$$\text{Unit hujan efektif (Ro)} = 1 \text{ mm}$$

$$\text{Parameter Hidrograf } (\alpha) = 3$$

Besar waktu konsentrasi (tg) untuk sungai $L > 15 \text{ km}$, berdasarkan persamaan (2.25) :

$$\begin{aligned} \text{tg} &= 0,4 + 0,058 L \\ &= 0,4 + 0,058 \cdot 58,10 \\ &= 3,77 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_r &= (0,5s/d \ 1,0) \ t_g \\ &= 1 \times 3,77 \\ &= 3,77 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_p &= t_g + 0,8 \ t_r \\ &= 3,77 + 0,8 \times 3,77 \\ &= 6,79 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{0,3} &= \alpha \cdot t_g \\ &= 3 \times 3,77 \\ &= 11,31 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{A \cdot R_o}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})} \\ &= \frac{343,23 \cdot 1}{3,6(0,3 \cdot 6,79 + 11,31)} \\ &= 7,144 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung waktu lengkung Hidrograf Nakayasu untuk menghasilkan ordinat lengkung naik dan turun. Hasil perhitungan untuk waktu lengkung Hidrograf Nakayasu disajikan pada Tabel 4.23 – Tabel 4.25 berikut ini.

Tabel 4. 23 Waktu Lengkung Hidrograf Nakayasu

No	Karakteristik	Notasi	Awal (jam)		Akhir (Jam)	
			notasi	nilai	notasi	nilai
1	Lengkung Naik	Qa	0	0	Tp	6,786
2	Lengkung Turun Tahap 1	Qd1	Tp	6,786	Tp + T _{0,3}	18,095
3	Lengkung Turun Tahap 2	Qd2	Tp + T _{0,3}	18,095	Tp + T _{0,3} + 1,5.T _{0,3}	35,059
4	Lengkung Turun Tahap 3	Qd3	Tp + T _{0,3} + 1,5.T _{0,3}	35,059	~	~

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan untuk waktu (t) 1 jam ($0 < t < T_p$)

Maka hidrograf naik, sehingga berlaku persamaan (2.28).

Misalkan $t = 2$

$$Q_a = Q_p \cdot \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

$$= 7,144 \cdot \left(\frac{2}{6,786} \right)^{2,4}$$

$$= 0,381$$

Untuk perhitungan kurva naik dapat dilihat pada tabel 4.24

Tabel 4. 24 Ordinat Lengkung Naik HSS Nakayasu

t (jam)	Qt (m ³ /det)	Ket
0,5	0,014	
1,0	0,072	
1,5	0,191	
2,0	0,381	
2,5	0,650	
3,0	1,007	
3,5	1,459	
4,0	2,010	
4,5	2,666	
5,0	3,433	
5,5	4,315	
6,0	5,318	
6,5	6,444	

$$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada kurva turun tahap 1 ($T_p < t < T_p + T_{0,3}$)

Misalkan $t = 8$ jam

$$Q_{d1} = Q_p \cdot 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}}$$

$$= 7,144 \cdot 0,3^{(8-6,79)/11,31}$$

$$= 6,278$$

Untuk hasil perhitungan kurva turun tahap 1 dapat dilihat pada Tabel 4.25

Tabel 4. 25 Ordinat Lengkung Turun Tahap 1 HSS Nakayasu

t (jam)	Qt (m ³ /det)	Ket
7,0	6,983	
7,5	6,621	
8,0	6,278	
8,5	5,953	
9,0	5,644	
9,5	5,351	
10,0	5,074	
10,5	4,811	
11,0	4,562	

t (jam)	Qt (m³/det)	Ket
11,5	4,325	
12,0	4,101	
12,5	3,888	
13,0	3,687	
13,5	3,496	
14,0	3,314	
14,5	3,143	
15,0	2,980	
15,5	2,825	
16,0	2,679	
16,5	2,540	
17,0	2,408	
17,5	2,283	

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada kurva turun tahap 2 ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

Misalkan $t = 20$

$$\begin{aligned}
 Q_{d2} &= Q_p \cdot 0,3^{\{(t-T_p)+(0,5T_{0,3})\}/(1,5T_{0,3})} \\
 &= 7,144 \cdot 0,3^{\{(20-6,79)+(0,5 \times 11,31)\}/(1,5 \times 11,31)} \\
 &= 1,872
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kurva turun tahap 2 dapat dilihat pada tabel 4.26

Tabel 4. 26 Ordinat Lengkung Turun Tahap 2 HSS Nakayasu

t (jam)	Qt (m³/det)	Ket
18,0	2,165	
18,5	2,083	
19,0	2,010	
19,5	1,940	
20,0	1,872	
20,5	1,807	
21,0	1,744	
21,5	1,683	
22,0	1,625	
22,5	1,568	
23,0	1,513	
23,5	1,460	
24,0	1,410	
24,5	1,360	
25,0	1,313	
25,5	1,267	
26,0	1,223	
26,5	1,180	

t (jam)	Qt (m ³ /det)	Ket
27,0	1,139	
27,5	1,100	
28,0	1,061	
28,5	1,024	
29,0	0,988	
29,5	0,954	
30,0	0,921	
30,5	0,889	
31,0	0,858	
31,5	0,828	
32,0	0,799	
32,5	0,771	
33,0	0,744	
33,5	0,718	
34,0	0,693	
34,5	0,669	

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada kurva turun tahap 3 ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

Misalkan $t = 40$

$$\begin{aligned}
 Q_{d3} &= Q_p \cdot 0,3^{\{(t-T_p)+(1,5T_{0,3})\}/(2T_{0,3})} \\
 &= 7,144 \cdot 0,3^{\{(25-6,79)+(1,5 \times 11,31)\}/(1,5 \times 11,31)} \\
 &= 0,494
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kurva turun tahap 3 dapat dilihat pada tabel 4.27

Tabel 4. 27 Ordinat Lengkung Turun Tahap 3 HSS Nakayasu

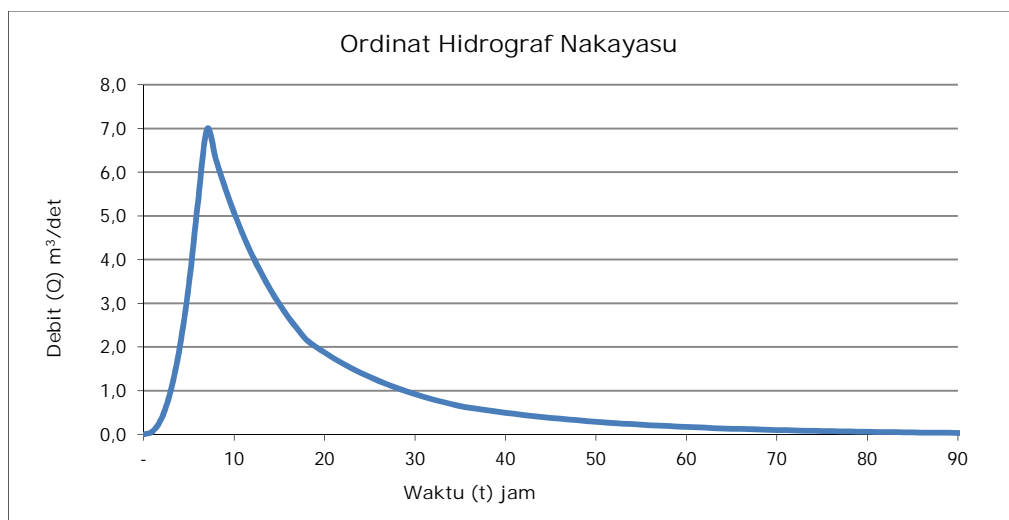
t (jam)	Qt (m ³ /det)	Ket
50,5	0,283	
51,0	0,275	
51,5	0,268	
52,0	0,261	
52,5	0,254	
53,0	0,247	
53,5	0,241	
54,0	0,235	
54,5	0,228	
55,0	0,222	
55,5	0,217	
56,0	0,211	
56,5	0,205	
57,0	0,200	
57,5	0,195	
58,0	0,190	
58,5	0,185	
59,0	0,180	
59,5	0,175	
60,0	0,170	

t (jam)	Qt (m ³ /det)	Ket
60,5	0,166	
61,0	0,162	
61,5	0,157	
62,0	0,153	
62,5	0,149	
63,0	0,145	
63,5	0,141	
64,0	0,138	
64,5	0,134	
65,0	0,131	
65,5	0,127	
66,0	0,124	
66,5	0,121	
67,0	0,117	
67,5	0,114	
68,0	0,111	
68,5	0,108	
69,0	0,106	
69,5	0,103	
70,0	0,100	
70,5	0,097	
71,0	0,095	
71,5	0,092	
72,0	0,090	
72,5	0,088	
73,0	0,085	
73,5	0,083	
74,0	0,081	
74,5	0,079	
75,0	0,077	
75,5	0,075	
76,0	0,073	
76,5	0,071	
77,0	0,069	
77,5	0,067	
78,0	0,065	
78,5	0,064	
79,0	0,062	
79,5	0,060	
80,0	0,059	
80,5	0,057	
81,0	0,056	
81,5	0,054	
82,0	0,053	
82,5	0,051	
83,0	0,050	
83,5	0,049	
84,0	0,048	
84,5	0,046	
85,0	0,045	
85,5	0,044	
86,0	0,043	
86,5	0,042	
87,0	0,041	
87,5	0,039	

t (jam)	Qt (m ³ /det)	Ket
88,0	0,038	
88,5	0,037	
89,0	0,036	
89,5	0,035	
90,0	0,035	

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari perhitungan tabel diatas sehingga dapat digambarkan grafik ordinat Hidrograf Nakayasu dengan hubungan antara debit dan waktu. Gambar grafik ordinat Hidrograf Nakayasu dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Ordinat Unit Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Setelah didapatkan nilai dari ordinat Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu langkah selanjutnya adalah menghitung debit banjir rancangan dengan kala ulang 50 tahun dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$Q_k = U_1 \cdot R_i + U_2 \cdot R_{i-1} + U_3 \cdot R_{i-2} + \dots + U_n \cdot R_{i-n+1} + B_f$$

dengan :

Q_k = ordinat hidrograf banjir pada jam ke k (m³/det)

U_n = ordinat hidrograf satuan (m³/det.mm)

R_i = hujan netto pada jam ke i (mm)

B_f = aliran dasar (*Base Flow*), (m³/det) (aliran dasar = 0)

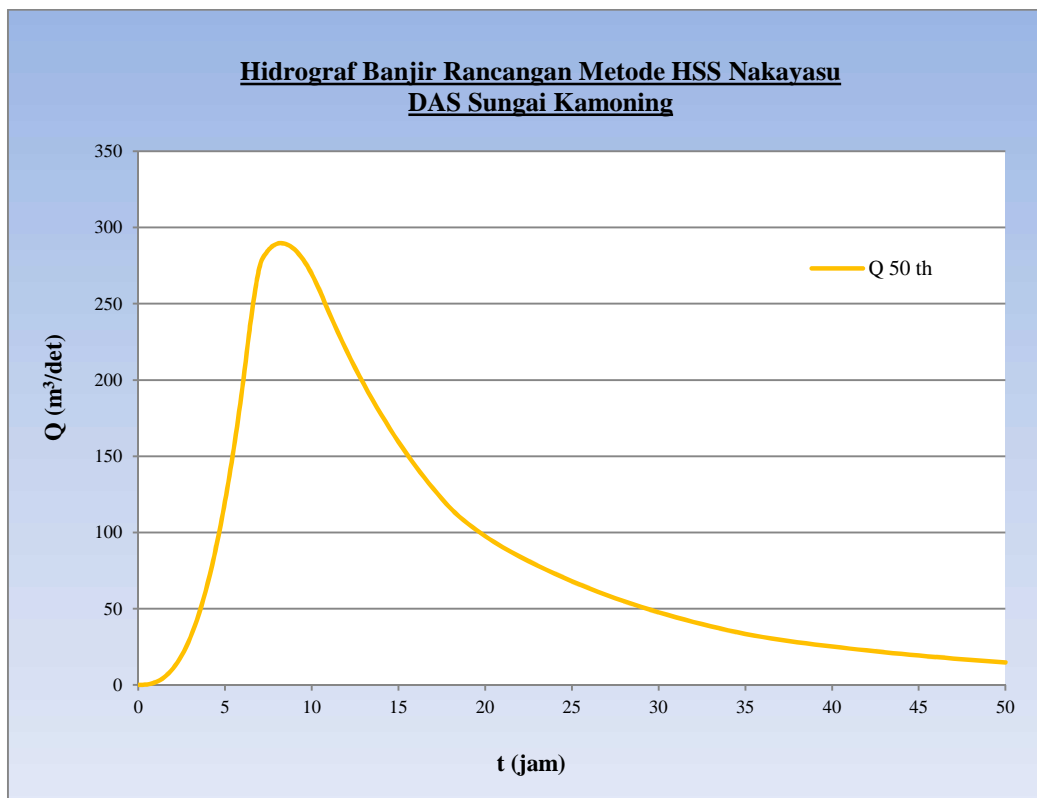
Untuk hasil perhitungan debit banjir rancangan metode HSS Nakayasu dengan kala ulang 50 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.28 berikut ini:

Tabel 4. 28 Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu dengan Kala Ulang 50 Tahun

		Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
t	Qt	R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R ₃	R _{3,5}	R ₄		
		24,35	6,33	4,44	3,53	2,61	2,33	2,12		
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)	
0,00	-	-							-	
0,50	0,014	0,33	-		-				0,33	
1,00	0,072	1,76	0,09			-			1,84	
1,50	0,191	4,65	0,46	0,06	-				5,17	
2,00	0,381	9,27	1,21	0,32	0,05				10,85	
2,50	0,650	15,84	2,41	0,85	0,25	-			19,39	
3,00	1,007	24,53	4,12	1,69	0,67	0,04	-		31,27	
3,50	1,459	35,52	6,38	2,89	1,35	0,19	0,03	-	46,92	
4,00	2,010	48,93	9,23	4,47	2,30	0,50	0,17	0,03	66,77	
4,50	2,666	64,92	12,72	6,48	3,56	0,99	0,45	0,15	91,21	
5,00	3,433	83,60	16,87	8,92	5,16	1,70	0,89	0,40	120,55	
5,50	4,315	105,08	21,73	11,84	7,10	2,63	1,52	0,81	155,06	
6,00	5,318	129,49	27,31	15,24	9,42	3,81	2,35	1,38	195,00	
6,50	6,444	156,91	33,66	19,16	12,13	5,24	3,40	2,14	240,61	
7,00	6,983	170,05	40,79	23,61	15,25	6,96	4,69	3,09	274,68	
7,50	6,621	161,24	44,20	28,61	18,80	8,96	6,22	4,26	285,16	
8,00	6,278	152,88	41,91	31,01	22,78	11,26	8,01	5,65	289,36	
8,50	5,953	144,95	39,74	29,40	24,68	13,87	10,07	7,28	289,22	
9,00	5,644	137,44	37,68	27,87	23,40	16,81	12,41	9,15	285,60	
9,50	5,351	130,31	35,72	26,43	22,19	18,22	15,03	11,27	278,95	
10,00	5,074	123,56	33,87	25,06	21,04	17,28	16,29	13,66	269,50	
10,50	4,811	117,15	32,12	23,76	19,95	16,38	15,45	14,81	257,38	
11,00	4,562	111,08	30,45	22,53	18,92	15,53	14,65	14,04	244,04	
11,50	4,325	105,32	28,87	21,36	17,93	14,73	13,89	13,31	231,39	
12,00	4,101	99,86	27,38	20,25	17,01	13,96	13,17	12,62	219,39	
12,50	3,888	94,69	25,96	19,20	16,12	13,24	12,49	11,97	208,02	
13,00	3,687	89,78	24,61	18,21	15,29	12,55	11,84	11,35	197,24	
13,50	3,496	85,12	23,34	17,26	14,50	11,90	11,22	10,76	187,01	
14,00	3,314	80,71	22,13	16,37	13,74	11,28	10,64	10,20	177,32	
14,50	3,143	76,53	20,98	15,52	13,03	10,70	10,09	9,67	168,13	
15,00	2,980	72,56	19,89	14,72	12,36	10,15	9,57	9,17	159,41	
15,50	2,825	68,80	18,86	13,95	11,72	9,62	9,07	8,70	151,15	
16,00	2,679	65,23	17,88	13,23	11,11	9,12	8,60	8,24	143,31	
16,50	2,540	61,85	16,96	12,54	10,53	8,65	8,16	7,82	135,89	
17,00	2,408	58,65	16,08	11,89	9,99	8,20	7,73	7,41	128,84	
17,50	2,283	55,61	15,24	11,28	9,47	7,77	7,33	7,03	122,16	
18,00	2,165	52,72	14,45	10,69	8,98	7,37	6,95	6,66	115,83	
18,50	2,083	50,71	13,70	10,14	8,51	6,99	6,59	6,32	110,55	
19,00	2,010	48,95	13,18	9,61	8,07	6,63	6,25	5,99	105,87	
19,50	1,940	47,24	12,72	9,25	7,65	6,28	5,93	5,68	101,57	
20,00	1,872	45,59	12,28	8,92	7,36	5,96	5,62	5,39	97,58	
20,50	1,807	44,00	11,85	8,61	7,10	5,65	5,33	5,11	93,87	
21,00	1,744	42,47	11,44	8,31	6,86	5,43	5,05	4,84	90,40	
21,50	1,683	40,99	11,04	8,02	6,62	5,24	4,86	4,59	87,15	
22,00	1,625	39,56	10,65	7,74	6,39	5,06	4,69	4,42	84,10	
22,50	1,568	38,18	10,28	7,47	6,16	4,88	4,53	4,26	81,17	
23,00	1,513	36,85	9,92	7,21	5,95	4,71	4,37	4,11	78,34	
23,50	1,460	35,56	9,58	6,96	5,74	4,55	4,22	3,97	75,61	
24,00	1,410	34,32	9,24	6,72	5,54	4,39	4,07	3,83	72,97	
24,50	1,360	33,13	8,92	6,48	5,35	4,24	3,93	3,70	70,43	
25,00	1,313	31,97	8,61	6,26	5,16	4,09	3,79	3,57	67,97	
25,50	1,267	30,86	8,31	6,04	4,98	3,95	3,66	3,44	65,60	
26,00	1,223	29,78	8,02	5,83	4,81	3,81	3,53	3,32	63,31	
26,50	1,180	28,74	7,74	5,63	4,64	3,68	3,41	3,21	61,11	
27,00	1,139	27,74	7,47	5,43	4,48	3,55	3,29	3,10	58,98	
27,50	1,100	26,77	7,21	5,24	4,32	3,43	3,17	2,99	56,92	
28,00	1,061	25,84	6,96	5,06	4,17	3,31	3,06	2,88	54,94	
28,50	1,024	24,94	6,72	4,88	4,03	3,19	2,96	2,78	53,02	

t	Qt	Hujan Jam-Jaman							Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		24,35	6,33	4,44	3,53	2,61	2,33	2,12	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
29,00	0,988	24,07	6,48	4,71	3,89	3,08	2,85	2,69	51,17
29,50	0,954	23,23	6,26	4,55	3,75	2,97	2,75	2,59	49,39
30,00	0,921	22,42	6,04	4,39	3,62	2,87	2,66	2,50	47,67
30,50	0,889	21,64	5,83	4,24	3,49	2,77	2,57	2,42	46,00
31,00	0,858	20,89	5,62	4,09	3,37	2,67	2,48	2,33	44,40
31,50	0,828	20,16	5,43	3,95	3,25	2,58	2,39	2,25	42,85
32,00	0,799	19,45	5,24	3,81	3,14	2,49	2,31	2,17	41,36
32,50	0,771	18,78	5,06	3,68	3,03	2,40	2,23	2,10	39,92
33,00	0,744	18,12	4,88	3,55	2,93	2,32	2,15	2,02	38,52
33,50	0,718	17,49	4,71	3,42	2,82	2,24	2,07	1,95	37,18
34,00	0,693	16,88	4,55	3,30	2,73	2,16	2,00	1,88	35,89
34,50	0,669	16,29	4,39	3,19	2,63	2,08	1,93	1,82	34,63
35,00	0,646	15,72	4,23	3,08	2,54	2,01	1,86	1,76	33,43
35,50	0,628	15,29	4,09	2,97	2,45	1,94	1,80	1,69	32,38
36,00	0,612	14,89	3,98	2,87	2,36	1,87	1,74	1,63	31,41
36,50	0,596	14,50	3,87	2,79	2,28	1,81	1,68	1,58	30,50
37,00	0,580	14,12	3,77	2,72	2,22	1,75	1,62	1,52	29,64
37,50	0,565	13,75	3,67	2,64	2,16	1,68	1,56	1,47	28,82
38,00	0,550	13,39	3,57	2,57	2,10	1,64	1,51	1,42	28,03
38,50	0,535	13,04	3,48	2,51	2,05	1,60	1,47	1,37	27,28
39,00	0,521	12,69	3,39	2,44	2,00	1,55	1,43	1,33	26,56
39,50	0,508	12,36	3,30	2,38	1,94	1,51	1,39	1,30	25,87
40,00	0,494	12,04	3,21	2,31	1,89	1,47	1,35	1,26	25,19
40,50	0,481	11,72	3,13	2,25	1,84	1,43	1,32	1,23	24,53
41,00	0,469	11,41	3,05	2,19	1,79	1,40	1,28	1,20	23,88
41,50	0,456	11,11	2,97	2,14	1,75	1,36	1,25	1,17	23,25
42,00	0,444	10,82	2,89	2,08	1,70	1,32	1,22	1,14	22,64
42,50	0,433	10,54	2,81	2,03	1,66	1,29	1,18	1,11	22,05
43,00	0,421	10,26	2,74	1,97	1,61	1,26	1,15	1,08	21,47
43,50	0,410	9,99	2,67	1,92	1,57	1,22	1,12	1,05	20,91
44,00	0,400	9,73	2,60	1,87	1,53	1,19	1,09	1,02	20,36
44,50	0,389	9,47	2,53	1,82	1,49	1,16	1,06	0,99	19,82
45,00	0,379	9,22	2,46	1,77	1,45	1,13	1,04	0,97	19,30
45,50	0,369	8,98	2,40	1,73	1,41	1,10	1,01	0,94	18,79
46,00	0,359	8,75	2,33	1,68	1,38	1,07	0,98	0,92	18,30
46,50	0,350	8,52	2,27	1,64	1,34	1,04	0,96	0,89	17,82
47,00	0,341	8,29	2,21	1,59	1,30	1,01	0,93	0,87	17,35
47,50	0,332	8,07	2,16	1,55	1,27	0,99	0,91	0,85	16,90
48,00	0,323	7,86	2,10	1,51	1,24	0,96	0,88	0,82	16,45
48,50	0,314	7,66	2,04	1,47	1,20	0,94	0,86	0,80	16,02
49,00	0,306	7,46	1,99	1,43	1,17	0,91	0,84	0,78	15,60
49,50	0,298	7,26	1,94	1,40	1,14	0,89	0,82	0,76	15,19
50,00	0,290	7,07	1,89	1,36	1,11	0,87	0,79	0,74	14,79
50,50	0,283	6,88	1,84	1,32	1,08	0,84	0,77	0,72	14,40
Q_{max} = 289,36									

Sumber: Hasil Perhitungan



**Gambar 4. 8 Grafik Hidrograf Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu
Kala Ulang 50 Tahun DAS Sungai Kamoning**

Dari hasil perhitungan debit banjir rancangan Metode HSS Nakayasu diatas didapat debit maksimum kala ulang 50 tahun sebesar 289,36 m³/det dengan waktu puncak terjadi pada jam ke 8.

4.6 Aspek Teknik

4.6.1 Pengurangan Debit Dengan Skenario Perubahan Tata Guna Lahan dan Kolam Retensi (Alternatif 1)

A. Perubahan Tata Guna Lahan

Pengaruh lahan terhadap kejadian banjir sangat besar sehingga salah satu upaya dalam mengurangi potensi banjir yaitu dengan merubah pola tata guna lahan yang ada di daerah DAS Sungai Kamoning. Hubungan perubahan tata guna lahan dengan pengurangan debit banjir yaitu pada koefisien limpasan tiap jenis

penggunaan lahan. DAS Sungai Kamoning dengan luas 34.323,327 ha, lebih dari 50% luasnya peruntukan lahannya berupa ladang atau pertanian tanah kering.

Banjir yang terjadi di Kabupaten Sampang khususnya di Kecamatan Sampang dikarenakan debit air hujan yang besar di wilayah hulu dan tengah DAS Sungai Kamoning. Untuk mengurangi debit banjir diperlukan skenario perubahan peruntukan lahan di wilayah hulu dan tengah DAS Sungai Kamoning. Adapun skenario perubahan tata guna lahan dirubah fungsi lahannya menjadi hutan produktif karena koefisien limpasan untuk peruntukan lahan berupa hutan sangat kecil. Besar peruntukan lahan yang dirubah menjadi hutan diskenariokan sebesar 30%. Perubahan fungsi lahan pada DAS Kamoning di bagi menjadi 2 zona yaitu :

- Zona Hulu DAS dengan luas wilayah sebesar 11.703,327 ha dengan jenis fungsi lahan yang akan dirubah menjadi hutan diasumsi antara lain adalah peruntukan lahan kebun dengan luas 451,701 ha, ladang seluas 7.229,907 ha dan sawah tadah hujan seluas 2.294,717 ha
- Zona Tengah DAS dengan luas wilayah sebesar 16.808,739 ha dengan jenis penggunaan lahan yang akan dirubah menjadi hutan Antara lain : peruntukan lahan berupa kebun dengan luas 802,632 ha, ladang seluas 9.684,829 ha dan sawah tadah hujan seluas 2.695,298 ha.

Berikut jenis peruntukan lahan yang diskenariokan menjadi hutan produktif pada DAS Sungai Kamoning.

Tabel 4. 29 Skenario Jenis Penggunaan Lahan Yang Dirubah Menjadi Hutan.

Jenis Peruntukan Lahan	Luas Total Wilayah Hulu dan Tengah DAS	Alih Fungsi menjadi Hutan	Luas Fungsi Lahan menjadi Hutan	Luas setelah Alih Fungsi Lahan
	(Ha)	(%)	(Ha)	(Ha)
Kebun	1.254,332	30	376,30	878,032
Ladang/Tanah Kosong	16.914,735	30	5.074,42	11.840,315
Sawah Tadah Hujan	4.990,015	30	1.497,00	3.493,011
Total Luas			6947,72	16211,36

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil skenario perubahan fungsi lahan menjadi hutan didapat luas hutan sebesar 6.947,72 ha, jumlah dari luas hutan selanjutnya dijumlahkan dengan luas hutan eksisting. Untuk perhitungan luas penggunaan lahan setelah alih fungsi lahan dapat dilihat pada tabel 4.32.

Tabel 4. 30 Hasil Skenario Alih Fungsi Lahan

Jenis Peruntukan Lahan	Luas Peruntukan Lahan	
	Eksisting (ha)	Skenario (ha)
Danau/bendungan	3,188	3,188
Hutan Produkti	547,596	7.495,321
Kebun	1.287,641	911,342
Ladang	18.125,168	13.050,747
Permukiman	5.457,114	5.457,114
Penggaraman	244,661	244,661
Rawa/hutan rawa	81,531	81,531
Sawah Irigasi	2.635,906	2.635,906
Sawah Tadah Hujan	5.818,764	4.321,760
Sungai	121,759	121,759
	34.323,327	34.323,327

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil dari skenario alih fungsi lahan selanjutnya dapat ditentukan nilai koefisien limpasan dari hasil skenario perubahan fungsi lahan. Berikut hasil dari nilai koefisien limpasan setelah perubahan fungsi lahan menjadi hutan.

Tabel 4. 31 Koefisien Limpasan Setelah Alih Fungsi Lahan

Jenis Peruntukan Lahan	Skenario (ha)	C	C x A
Danau/bendungan	3,188	0,05	0,16
Hutan Produkti	7.495,321	0,20	1.499,06
Kebun	911,342	0,30	273,40
Ladang	13.050,747	0,40	5.220,30
Permukiman	5.457,114	0,50	2.728,56
Penggaraman	244,661	0,05	12,23
Rawa/hutan rawa	81,531	0,15	12,23
Sawah Irigasi	2.635,906	0,45	1.186,16
Sawah Tadah Hujan	4.321,760	0,50	2.160,88
Sungai	121,759	0,05	6,09
	34.323,327		13.099,07
	C_{Komposit}	0,382	

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel diatas didapat nilai koefien limpasan setelah alih fungsi lahan sebesar 0,382. Nilai koefisien limpasan (C) sangat berpengaruh terhadap besar debit banjir rancangan sehingga perlu dihitung ulang untuk curah hujan efektif jam – jaman dan debit banjir rancangan dengan kala ulang 50 tahun setelah perubahan fungsi lahan.

Berikut perhitungan debit banjir rancangan setelah adanya perubahan fungsi lahan menjadi hutan pada DAS Sungai Kamoning.

Tabel 4. 32 Perhitungan Curah Hujan Efektif Setelah Alih Fungsi Lahan

Jam	Nisbah hujan jam-jaman (%)	Hujan Efektif Tiap Jam Dengan Kala Ulang 50 th
0,50	0,50	21,847
1,00	0,13	5,678
1,50	0,09	3,983
2,00	0,07	3,171
2,50	0,06	2,678
3,00	0,05	2,341
3,50	0,05	2,093
4,00	0,04	1,902
Hujan Rancangan (mm)		114,490
Koefisien Limpasan		0,382
Hujan Efektif (mm)		43,694

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk perhitungan waktu lengkung hidrograf satuan sintetik sama dengan perhitungan sebelum adanya perubahan fungsi lahan karena perhitungan waktu lengkung ordinat hidrograf satuan sintetik Nakayasu tidak berpengaruh terhadap nilai koefisien limpasan (C) sehingga dapat langsung dihitung debit banjir rancangan setelah perubahan alih fungsi lahan. Untuk menganalisa sungai digunakan debit banjir rancangan dengan kala ulang 50 tahun.

Berikut perhitungan debit banjir kala ulang 50 tahun setelah adanya skenario perubahan fungsi lahan menjadi hutan :

**Tabel 4. 33 Perhitungan Debit Banjir Rancangan HSS Nakayasu Kala Ulang
50 Tahun Setelah Alih Fungsi Lahan**

t	Qt	Hujan Jam-Jaman							Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		21,85	5,68	3,98	3,17	2,34	2,09	1,90	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,50	0,014	0,30	-	-	-	-	-	-	0,30
1,00	0,072	1,58	0,08	-	-	-	-	-	1,65
1,50	0,191	4,17	0,41	0,05	-	-	-	-	4,63
2,00	0,381	8,32	1,08	0,29	0,04	-	-	-	9,73
2,50	0,650	14,21	2,16	0,76	0,23	-	-	-	17,40
3,00	1,007	22,01	3,69	1,52	0,61	0,03	-	-	28,05
3,50	1,459	31,86	5,72	2,59	1,21	0,17	0,03	-	42,09
4,00	2,010	43,90	8,28	4,01	2,06	0,45	0,15	0,03	59,90
4,50	2,666	58,24	11,41	5,81	3,19	0,89	0,40	0,14	81,83
5,00	3,433	75,00	15,14	8,00	4,63	1,52	0,80	0,36	108,15
5,50	4,315	94,28	19,49	10,62	6,37	2,36	1,36	0,72	139,11
6,00	5,318	116,17	24,50	13,67	8,45	3,41	2,11	1,24	174,95
6,50	6,444	140,78	30,20	17,19	10,89	4,70	3,05	1,92	215,86
7,00	6,983	152,56	36,59	21,18	13,68	6,24	4,21	2,77	246,43
7,50	6,621	144,65	39,65	25,67	16,86	8,04	5,58	3,82	255,83
8,00	6,278	137,15	37,60	27,82	20,43	10,10	7,19	5,07	259,60
8,50	5,953	130,04	35,65	26,37	22,14	12,45	9,03	6,53	259,48
9,00	5,644	123,30	33,80	25,01	21,00	15,08	11,13	8,21	256,23
9,50	5,351	116,91	32,05	23,71	19,91	16,35	13,49	10,11	250,26
10,00	5,074	110,85	30,39	22,48	18,88	15,50	14,62	12,26	241,78
10,50	4,811	105,11	28,81	21,32	17,90	14,70	13,86	13,28	230,91
11,00	4,562	99,66	27,32	20,21	16,97	13,93	13,14	12,59	218,94
11,50	4,325	94,49	25,90	19,16	16,09	13,21	12,46	11,94	207,59
12,00	4,101	89,59	24,56	18,17	15,26	12,53	11,81	11,32	196,83
12,50	3,888	84,95	23,29	17,23	14,47	11,88	11,20	10,74	186,63
13,00	3,687	80,55	22,08	16,34	13,72	11,26	10,62	10,18	176,95
13,50	3,496	76,37	20,94	15,49	13,00	10,68	10,07	9,65	167,78
14,00	3,314	72,41	19,85	14,69	12,33	10,12	9,55	9,15	159,08
14,50	3,143	68,66	18,82	13,92	11,69	9,60	9,05	8,68	150,84
15,00	2,980	65,10	17,85	13,20	11,09	9,10	8,58	8,23	143,02
15,50	2,825	61,72	16,92	12,52	10,51	8,63	8,14	7,80	135,60
16,00	2,679	58,52	16,04	11,87	9,97	8,18	7,72	7,40	128,58
16,50	2,540	55,49	15,21	11,25	9,45	7,76	7,32	7,01	121,91
17,00	2,408	52,61	14,42	10,67	8,96	7,36	6,94	6,65	115,59
17,50	2,283	49,89	13,68	10,12	8,49	6,97	6,58	6,30	109,60
18,00	2,165	47,30	12,97	9,59	8,05	6,61	6,24	5,98	103,92
18,50	2,083	45,50	12,29	9,10	7,64	6,27	5,91	5,67	99,18
19,00	2,010	43,91	11,83	8,62	7,24	5,95	5,61	5,37	94,98
19,50	1,940	42,38	11,41	8,30	6,87	5,64	5,32	5,10	91,12
20,00	1,872	40,90	11,02	8,01	6,60	5,35	5,04	4,83	87,55
20,50	1,807	39,48	10,63	7,73	6,37	5,07	4,78	4,58	84,22
21,00	1,744	38,10	10,26	7,46	6,15	4,87	4,53	4,34	81,10
21,50	1,683	36,77	9,90	7,20	5,94	4,70	4,36	4,12	78,19
22,00	1,625	35,49	9,56	6,95	5,73	4,54	4,21	3,96	75,45
22,50	1,568	34,25	9,22	6,70	5,53	4,38	4,06	3,82	72,82
23,00	1,513	33,06	8,90	6,47	5,34	4,23	3,92	3,69	70,28
23,50	1,460	31,91	8,59	6,25	5,15	4,08	3,78	3,56	67,83
24,00	1,410	30,79	8,29	6,03	4,97	3,94	3,65	3,44	65,47
24,50	1,360	29,72	8,00	5,82	4,80	3,80	3,52	3,32	63,18
25,00	1,313	28,68	7,73	5,61	4,63	3,67	3,40	3,20	60,98
25,50	1,267	27,68	7,46	5,42	4,47	3,54	3,28	3,09	58,85
26,00	1,223	26,72	7,20	5,23	4,31	3,42	3,17	2,98	56,80
26,50	1,180	25,79	6,94	5,05	4,16	3,30	3,06	2,88	54,82
27,00	1,139	24,89	6,70	4,87	4,02	3,18	2,95	2,78	52,91
27,50	1,100	24,02	6,47	4,70	3,88	3,07	2,85	2,68	51,07
28,00	1,061	23,18	6,24	4,54	3,74	2,97	2,75	2,59	49,29

t	Qt	Hujan Jam-Jaman							Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		21,85	5,68	3,98	3,17	2,34	2,09	1,90	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
28,50	1,024	22,38	6,03	4,38	3,61	2,86	2,65	2,50	47,57
29,00	0,988	21,60	5,82	4,23	3,49	2,76	2,56	2,41	45,91
29,50	0,954	20,84	5,61	4,08	3,37	2,67	2,47	2,33	44,31
30,00	0,921	20,12	5,42	3,94	3,25	2,57	2,38	2,25	42,76
30,50	0,889	19,41	5,23	3,80	3,13	2,48	2,30	2,17	41,27
31,00	0,858	18,74	5,05	3,67	3,03	2,40	2,22	2,09	39,83
31,50	0,828	18,08	4,87	3,54	2,92	2,31	2,14	2,02	38,44
32,00	0,799	17,45	4,70	3,42	2,82	2,23	2,07	1,95	37,10
32,50	0,771	16,85	4,54	3,30	2,72	2,16	2,00	1,88	35,81
33,00	0,744	16,26	4,38	3,18	2,62	2,08	1,93	1,81	34,56
33,50	0,718	15,69	4,23	3,07	2,53	2,01	1,86	1,75	33,36
34,00	0,693	15,14	4,08	2,96	2,45	1,94	1,80	1,69	32,19
34,50	0,669	14,62	3,94	2,86	2,36	1,87	1,73	1,63	31,07
35,00	0,646	14,11	3,80	2,76	2,28	1,80	1,67	1,57	29,99
35,50	0,628	13,72	3,67	2,66	2,20	1,74	1,61	1,52	29,05
36,00	0,612	13,36	3,57	2,57	2,12	1,68	1,56	1,47	28,18
36,50	0,596	13,01	3,47	2,50	2,05	1,62	1,50	1,42	27,37
37,00	0,580	12,67	3,38	2,44	1,99	1,57	1,45	1,37	26,59
37,50	0,565	12,34	3,29	2,37	1,94	1,51	1,40	1,32	25,85
38,00	0,550	12,01	3,21	2,31	1,89	1,47	1,35	1,27	25,15
38,50	0,535	11,70	3,12	2,25	1,84	1,43	1,31	1,23	24,48
39,00	0,521	11,39	3,04	2,19	1,79	1,39	1,28	1,19	23,83
39,50	0,508	11,09	2,96	2,13	1,74	1,36	1,25	1,16	23,21
40,00	0,494	10,80	2,88	2,08	1,70	1,32	1,21	1,13	22,60
40,50	0,481	10,52	2,81	2,02	1,65	1,29	1,18	1,10	22,00
41,00	0,469	10,24	2,73	1,97	1,61	1,25	1,15	1,07	21,43
41,50	0,456	9,97	2,66	1,92	1,57	1,22	1,12	1,05	20,86
42,00	0,444	9,71	2,59	1,87	1,53	1,19	1,09	1,02	20,31
42,50	0,433	9,45	2,52	1,82	1,49	1,16	1,06	0,99	19,78
43,00	0,421	9,21	2,46	1,77	1,45	1,13	1,03	0,97	19,26
43,50	0,410	8,96	2,39	1,72	1,41	1,10	1,01	0,94	18,76
44,00	0,400	8,73	2,33	1,68	1,37	1,07	0,98	0,92	18,26
44,50	0,389	8,50	2,27	1,63	1,34	1,04	0,96	0,89	17,78
45,00	0,379	8,28	2,21	1,59	1,30	1,01	0,93	0,87	17,32
45,50	0,369	8,06	2,15	1,55	1,27	0,99	0,91	0,85	16,86
46,00	0,359	7,85	2,09	1,51	1,23	0,96	0,88	0,82	16,42
46,50	0,350	7,64	2,04	1,47	1,20	0,94	0,86	0,80	15,99
47,00	0,341	7,44	1,99	1,43	1,17	0,91	0,84	0,78	15,57
47,50	0,332	7,24	1,93	1,39	1,14	0,89	0,81	0,76	15,16
48,00	0,323	7,05	1,88	1,36	1,11	0,86	0,79	0,74	14,76
48,50	0,314	6,87	1,83	1,32	1,08	0,84	0,77	0,72	14,37
49,00	0,306	6,69	1,79	1,29	1,05	0,82	0,75	0,70	14,00
49,50	0,298	6,51	1,74	1,25	1,02	0,80	0,73	0,68	13,63
50,00	0,290	6,34	1,69	1,22	1,00	0,78	0,71	0,67	13,27
Q_{max} =									259,60

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun setelah adanya perubahan fungsi lahan menjadi hutan didapat debit banjir rancangan 50 tahun sebesar 259,60 m³/det.

Hasil rekapitulasi debit banjir rancangan setelah alih fungsi lahan, selanjutnya dibandingkan dengan hasil debit banjir rancangan pada saat kondisi penggunaan lahan eksisting.

Tabel 4. 34 Penurunan Debit Banjir Rancangan HSS Nakayasu Setelah Alih Fungsi Lahan dengan Penggunaan Lahan Eksisting

Kala Ulang	$Q_{\text{Eksisting}}$ (m^3/dt)	$Q_{\text{Perubahan TGL}}$ (m^3/dt)
50	289,36	259,60

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa prosentase dari hasil skenario alih fungsi lahan menjadi hutan didapatkan penurunan debit banjir kala ulang 50 tahun sebesar 259,60 m^3/det dari kondisi eksisting sebelum adanya perubahan fungsi lahan menjadi hutan sebesar 289,36 m^3/det atau terjadi penurunan sebesar 10,28 %.

B. Pengurangan Debit Dengan Pembuatan Kolam Retensi

Berdasarkan debit pengamatan dilapangan debit banjir maksimum yang dapat di tampung oleh sungai di wilayah hilir sebesar 223,50 m^3/det . Debit banjir yang dipakai untuk perencanaan DAS disungai digunakan debit banjir rancangan dengan kala ulang 50 tahun, dimana hasil nilai debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun setelah perubahan tata guna lahan sebesar 263,17 m^3/det . dari hasil tersebut perubahan tata guna lahan kurang maksimal dalam mengurangi debit banjir sehingga untuk dapat memaksimalkan pengurangan debit banjir perlu adanya analisa kebutuhan tampungan air hasil analisa perhitungan debit banjir rancangan setelah perubahan fungsi lahan.

Perhitungan untuk kebutuhan tampungan menggunakan metode *flood routing* melalui waduk dengan bangunan pelimpah. Hasil kebutuhan tampungan nantinya akan diterapkan dengan pembuatan kolam retensi yang terletak di wilayah hulu dan wilayah tengah DAS Sungai Kamoning. Upaya pengurangan debit banjir ini disebut dengan konservasi metode mekanik. Disamping sebagai pengendali banjir embung/situ juga berfungsi sebagai tempat resapan yang akan mempertinggi kadungan air tanah (subagyono et.al, 2004).

Berikut adalah perhitungan kebutuhan tampungan dengan menggunakan metode penelusuran banjir (*flood routing*) dengan debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun dengan menggunakan asumsi data :

- Elevasi Pelimpah = 1
- Lebar pelimpah = 50 m
- Luas Tampungan = 170 ha 1.700.000 m²
- Tampungan awal = 0 m³
- Kedalaman Awal = 0 m

Maka dapat dihitung hubungan elevasi tampungan debit (H-S-Q) pada kolam retensi. Hasil perhitungan

Tabel 4. 35 Hubungan Elevasi dan Tampungan Debit (H-S-Q) pada Debit Keluar (*outflow*) Kolam Retensi

Elevasi m	H m	S m ³	S/ t m ³ /dt	Q m ³ /dt	S ₂ m ³ /dt	S ₁ m ³ /dt
1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,20	0,20	340.000,00	188,89	7,65	192,71	185,07
1,40	0,40	680.000,00	377,78	21,63	388,59	366,96
1,60	0,60	1.020.000,00	566,67	39,74	586,54	546,80
1,80	0,80	1.360.000,00	755,56	61,18	786,14	724,97
2,00	1,00	1.700.000,00	944,44	85,50	987,19	901,69
2,20	1,20	2.040.000,00	1.133,33	112,39	1.189,53	1.077,14
2,40	1,40	2.380.000,00	1.322,22	141,63	1.393,04	1.251,41
2,60	1,60	2.720.000,00	1.511,11	173,04	1.597,63	1.424,59
2,80	1,80	3.060.000,00	1.700,00	206,48	1.803,24	1.596,76
3,00	2,00	3.400.000,00	1.888,89	241,83	2.009,80	1.767,97
3,20	2,20	3.740.000,00	2.077,78	279,00	2.217,28	1.938,28
3,40	2,40	4.080.000,00	2.266,67	317,89	2.425,61	2.107,72
3,60	2,60	4.420.000,00	2.455,56	358,45	2.634,78	2.276,33
3,80	2,80	4.760.000,00	2.644,44	400,59	2.844,74	2.444,15
4,00	3,00	5.100.000,00	2.833,33	444,27	3.055,47	2.611,20
4,20	3,20	5.440.000,00	3.022,22	489,43	3.266,94	2.777,51
4,40	3,40	5.780.000,00	3.211,11	536,02	3.479,12	2.943,10
4,60	3,60	6.120.000,00	3.400,00	584,01	3.692,00	3.108,00
4,80	3,80	6.460.000,00	3.588,89	633,35	3.905,56	3.272,22
5,00	4,00	6.800.000,00	3.777,78	684,00	4.119,78	3.435,78

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan :

H = Komulatif tinggi air diatas pelimpah dengan interval 0,2 m

S = Volume tampungan (Luas Tampungan x Tinggi air diatas pelimpah)

t = interval waktu selama 30 menit

Q = C.B.H^{3/2}

Dimana :

C = koefisien debit bangunan pelimpah (diambil 1,71)

B = panjang ambang bangunan pelimpah (50 m)

H = tinggi air diatas pelimpah

$S_1 = S / t - Q$

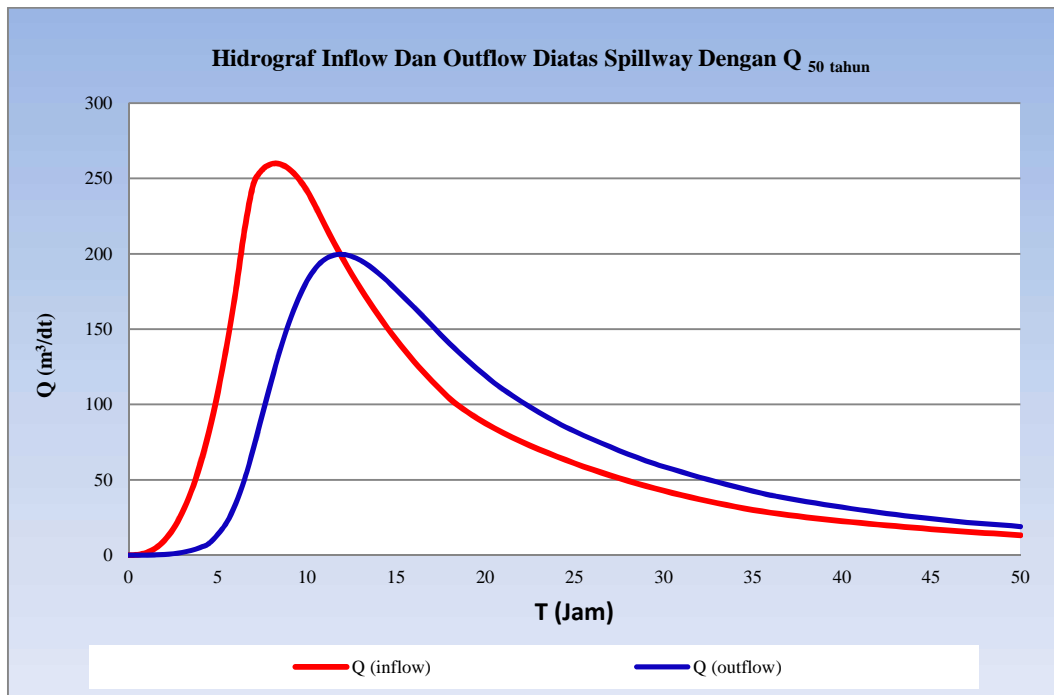
$S_2 = Q + S_1$

Tabel 4. 36 Perhitungan Debit Keluar (Outflow) Kala Ulang 50 Tahun dari Tampungan

t (jam)	I (m ³ /dt)	I (rata-rata) (m ³ /dt)	S ₁ (m ³ /dt)	S ₂ (m ³ /dt)	H (m)	Q (m ³ /dt)
0,00	0,000					0,000
0,5	0,299	0,149	0,000	0,149	0,002	0,006
1,0	1,654	0,976	0,143	1,119	0,006	0,044
1,5	4,634	3,144	1,075	4,219	0,016	0,167
2,0	9,732	7,183	4,051	11,235	0,030	0,446
2,5	17,398	13,565	10,789	24,354	0,050	0,966
3,0	28,051	22,724	23,388	46,112	0,077	1,830
3,5	42,092	35,071	44,282	79,353	0,111	3,149
4,0	59,903	50,997	76,204	127,202	0,152	5,048
4,5	81,829	70,866	122,154	193,020	0,200	7,669
5,0	108,149	94,989	185,351	280,340	0,298	13,902
5,5	139,113	123,631	266,437	390,069	0,402	21,765
6,0	174,947	157,030	368,304	525,334	0,542	34,138
6,5	215,860	195,403	491,195	686,598	0,704	50,486
7,0	246,432	231,146	636,113	867,259	0,883	70,991
7,5	255,832	251,132	796,268	1047,400	1,061	93,502
8,0	259,601	257,716	953,898	1211,614	1,222	115,566
8,5	259,479	259,540	1096,049	1355,589	1,364	136,251
9,0	256,232	257,855	1219,338	1477,193	1,484	154,550
9,5	250,260	253,246	1322,643	1575,889	1,579	169,702
10,0	241,782	246,021	1406,187	1652,208	1,654	181,916
10,5	230,911	236,346	1470,292	1706,639	1,707	190,768
11,0	218,941	224,926	1515,871	1740,796	1,740	196,323
11,5	207,592	213,266	1544,473	1757,739	1,757	199,079
12,0	196,831	202,211	1558,661	1760,872	1,760	199,588
12,5	186,628	191,729	1561,284	1753,013	1,752	198,310
13,0	176,953	181,790	1554,703	1736,493	1,736	195,623
13,5	167,781	172,367	1540,870	1713,237	1,714	191,841
14,0	159,083	163,432	1521,396	1684,828	1,686	187,221
14,5	150,837	154,960	1497,607	1652,567	1,655	181,974
15,0	143,018	146,928	1470,593	1617,520	1,620	176,274
15,5	135,604	139,311	1441,246	1580,557	1,584	170,419
16,0	128,575	132,090	1410,138	1542,228	1,547	164,534
16,5	121,910	125,243	1377,694	1502,936	1,509	158,502
17,0	115,591	118,750	1344,434	1463,184	1,470	152,400
17,5	109,599	112,595	1310,785	1423,379	1,431	146,289
18,0	103,918	106,758	1277,090	1383,849	1,391	140,311
18,5	99,180	101,549	1243,538	1345,087	1,354	134,742
19,0	94,980	97,080	1210,345	1307,425	1,318	129,331
19,5	91,121	93,050	1178,094	1271,144	1,282	124,118
20,0	87,545	89,333	1147,026	1236,359	1,247	119,121
20,5	84,216	85,881	1117,238	1203,119	1,214	114,345
21,0	81,105	82,660	1088,774	1171,434	1,183	109,988
21,5	78,189	79,647	1061,447	1141,093	1,154	105,955
22,0	75,449	76,819	1035,138	1111,957	1,125	102,082
22,5	72,819	74,134	1009,875	1084,009	1,098	98,368
23,0	70,280	71,549	985,641	1057,191	1,071	94,803
23,5	67,830	69,055	962,387	1031,442	1,045	91,381

t (jam)	I (m ³ /dt)	I (rata-rata) (m ³ /dt)	S ₁ (m ³ /dt)	S ₂ (m ³ /dt)	H (m)	Q (m ³ /dt)
24,0	65,465	66,647	940,061	1006,709	1,020	88,094
24,5	63,183	64,324	918,615	982,939	0,996	84,985
25,0	60,980	62,081	897,954	960,035	0,974	82,214
25,5	58,854	59,917	877,821	937,737	0,953	79,517
26,0	56,802	57,828	858,220	916,048	0,932	76,893
26,5	54,822	55,812	839,155	894,967	0,911	74,343
27,0	52,910	53,866	820,624	874,490	0,891	71,866
27,5	51,066	51,988	802,624	854,612	0,871	69,461
28,0	49,285	50,176	785,151	835,326	0,851	67,128
28,5	47,567	48,426	768,198	816,624	0,832	64,866
29,0	45,909	46,738	751,758	798,496	0,813	62,673
29,5	44,308	45,109	735,823	780,932	0,795	60,619
30,0	42,764	43,536	720,313	763,849	0,779	58,784
30,5	41,273	42,018	705,065	747,083	0,763	56,983
31,0	39,834	40,553	690,101	730,654	0,747	55,218
31,5	38,445	39,139	675,436	714,575	0,731	53,491
32,0	37,105	37,775	661,084	698,859	0,716	51,803
32,5	35,811	36,458	647,056	683,514	0,701	50,154
33,0	34,563	35,187	633,360	668,547	0,686	48,546
33,5	33,358	33,960	620,000	653,960	0,671	46,980
34,0	32,195	32,776	606,981	639,757	0,656	45,454
34,5	31,072	31,633	594,303	625,936	0,642	43,969
35,0	29,989	30,531	581,967	612,498	0,628	42,526
35,5	29,050	29,520	569,972	599,492	0,614	41,129
36,0	28,183	28,617	558,363	586,980	0,600	39,785
36,5	27,366	27,775	547,195	574,970	0,589	38,679
37,0	26,591	26,978	536,291	563,269	0,578	37,609
37,5	25,853	26,222	525,660	551,882	0,568	36,567
38,0	25,149	25,501	515,315	540,816	0,557	35,555
38,5	24,476	24,812	505,261	530,074	0,547	34,572
39,0	23,832	24,154	495,502	519,656	0,537	33,619
39,5	23,206	23,519	486,037	509,555	0,527	32,695
40,0	22,597	22,901	476,860	499,762	0,517	31,799
40,5	22,003	22,300	467,962	490,262	0,508	30,930
41,0	21,425	21,714	459,332	481,046	0,498	30,087
41,5	20,862	21,144	450,959	472,103	0,489	29,269
42,0	20,315	20,589	442,834	463,422	0,480	28,475
42,5	19,781	20,048	434,947	454,995	0,472	27,704
43,0	19,262	19,521	427,291	446,812	0,463	26,956
43,5	18,756	19,009	419,857	438,865	0,455	26,229
44,0	18,263	18,509	412,636	431,146	0,447	25,523
44,5	17,783	18,023	405,623	423,647	0,439	24,837
45,0	17,316	17,550	398,810	416,360	0,431	24,170
45,5	16,862	17,089	392,190	409,279	0,423	23,522
46,0	16,419	16,640	385,757	402,397	0,415	22,893
46,5	15,988	16,203	379,504	395,707	0,408	22,281
47,0	15,568	15,778	373,426	389,204	0,401	21,686
47,5	15,159	15,363	367,518	382,881	0,395	21,222
48,0	14,761	14,960	361,659	376,619	0,389	20,775
48,5	14,373	14,567	355,843	370,410	0,384	20,332
49,0	13,996	14,184	350,078	364,262	0,378	19,893
49,5	13,628	13,812	344,369	358,181	0,373	19,459
50,0	13,270	13,449	338,722	352,171	0,367	19,030

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4. 9 Fluktuasi Debit Inflow dan Outflow di Atas Pelimpah Dengan Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 50 Tahun

Tabel 4. 37 Penurunan Debit Banjir Setelah Adanya Alternatif I

Kala Ulang	$Q_{eksisting}$	$Q_{Perubahan}$
	TGL + kolam Retensi	
	(m³/dt)	(m³/dt)
50	289,61	199,59

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 38 Prosentase Reduksi Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 50 Tahun Setelah Menggunakan Alternatif 1

Kala Ulang	$Q_{eksisting}$ (m³/dt)	$Q_{alternatif\ 1}$	Prosentase
		(m³/dt)	
50	289.361	199.588	31.02%

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil penurunan debit banjir dengan adanya alternatif 1 yaitu skenario perubahan fungsi lahan menjadi hutan dan pembuatan kolam retensi maka debit banjir rancangan dengan kala ulang 50 tahun dapat direduksi sebesar sebesar 31,02%. Dimana debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun eksisting sebesar 289,361 m³/det terjadi penurunan debit setelah menggunakan alternatif 1 yaitu sebesar 199,59 m³/det.

Dari hasil penelusuran banjir di atas pelimpah tersebut menunjukkan debit maksimum diatas pelimpah sebesar 199,59 m³/det dengan ketinggian air maksimal 1,760 m. Dari hasil ketinggian air maksimal tersebut dapat dicari volume tampungan dengan menggunakan tabel 4.39. Berdasarkan ketinggian air maksimal sebesar 1,760 m didapat volume tampungan sebesar 2.991.539,35 m³.




Dengan volume tampungan tersebut selanjutnya direncanakan untuk pembuatan kolam retensi yang tersebar di wilayah hulu dan wilayah tengah DAS Sungai Kamoning. Untuk mengetahui berapa banyak kolam retensi yang dibutuhkan dari volume tampungan tersebut maka :


Di asumsi luas 1 kolam retensi	= 3,0 ha = 30.000 m ²
Kedalaman Kolam Retensi	= 5 m
Volume Kolam Retensi	= 150.000 m ³
Total kebutuhan kolam retensi	= volume tampungan / volume kolam retensi
	= 2.991.539,35 m ³ / 150.000 m ³
	= 19,9 20 kolam retensi

Dari hasil perhitungan kebutuhan kolam retensi dengan volume tampungan 2.991.539,35 m³ dan dengan asumsi volume 1 kolam retensi sebesar 150.000 m³ maka dapat diketahui jumlah kebutuhan kolam retensi sebanyak 20 buah. Jumlah kolam retensi tersebut untuk penempatan kolam retensi tersebar di wilayah hulu dan wilayah tengah DAS Sungai Kamoning dengan bentuk dan dimensi menyesuaikan kondisi lapangan. Adapun lokasi penempatan kolam retensi untuk wilayah Sub DAS hulu dan Wilayah Sub DAS tengah Sungai Kamoning dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12

Adapun pembagian lokasi penempatan kolam retensi pada zona hulu DAS Sungai Kamoning penempatan lokasi kolam retensi sebanyak 16 buah.



Tabel 4. 39 Lokasi Penempatan Kolam Retensi Pada Zona Hulu DAS Sungai Kamoning



Lokasi	Kondisi	Gambar
1	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan Robatal - Berada di ketinggian 20 – 50 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa ladang / tanah kosong dan sawah tadah hujan - Dengan jenis tanah regosol 	
2	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan Karang Penang - Berada di ketinggian 50 – 80 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa ladang / tanah kosong - Dengan jenis tanah regosol 	
3	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan Robatal - Berada di ketinggian 20 – 50 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa ladang / tanah kosong - Dengan jenis tanah regosol 	





Lokasi	Kondisi	Gambar
4	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan Robatal - Berada di ketinggian 20 – 50 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa ladang / tanah kosong - Dengan jenis tanah regosol 	





Sedangkan pada Zona tengah DAS Sungai Kamoning ada 4 lokasi penempatan kolam retensi.



Tabel 4. 40 Lokasi Penempatan Kolam Retensi Pada Zona Tengah DAS Sungai Kamoning

Lokasi	Kondisi	Gambar
1	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan kedungdung - Berada di ketinggian - 6 – 20 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa sawah tadah hujan - Dengan jenis tanah litosol 	
2	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan kedungdung - Berada di ketinggian - 6 – 20 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa sawah tadah hujan berbatas dengan hutan produksi - Dengan jenis tanah litosol 	

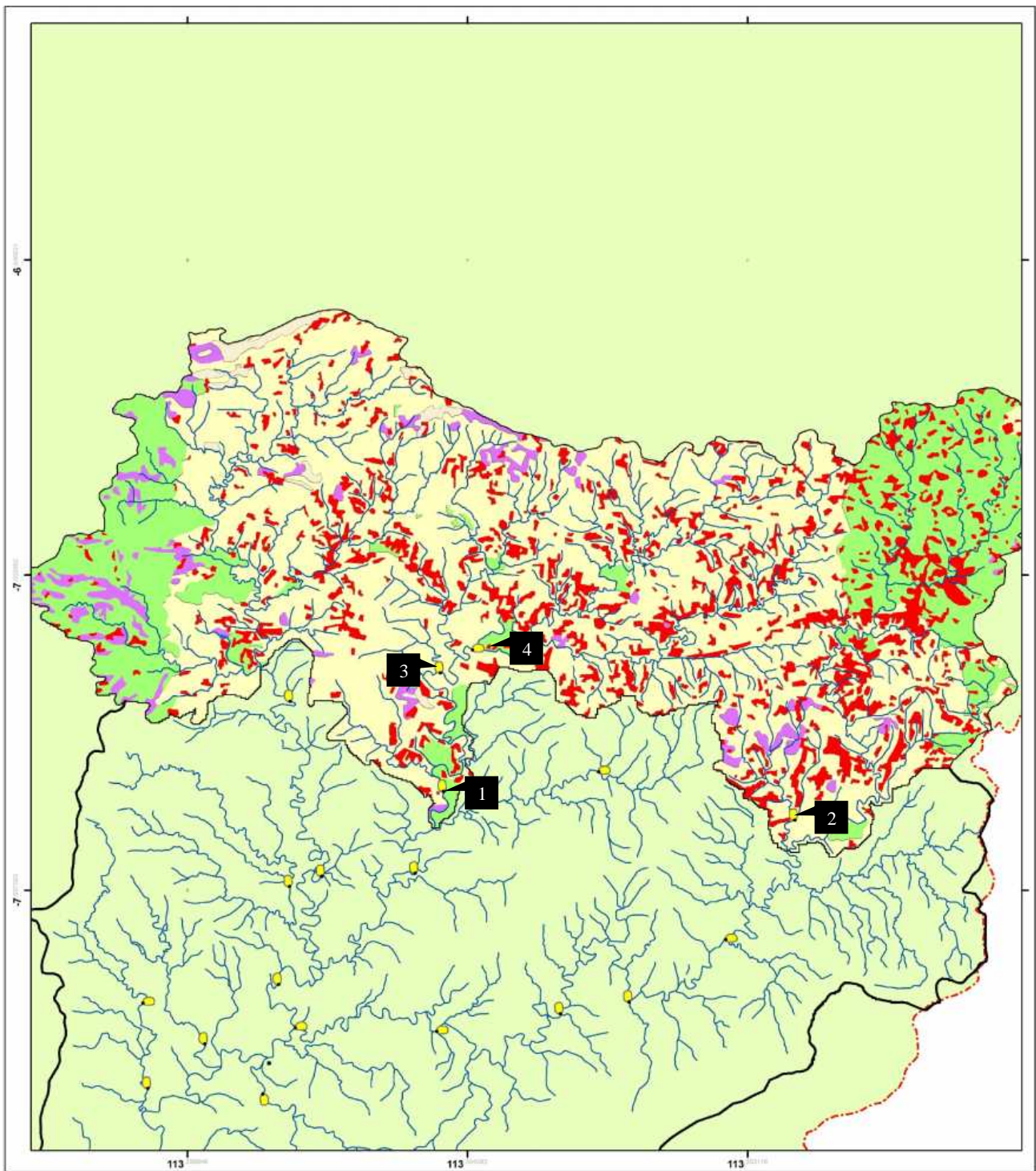
Lokasi	Kondisi	Gambar
3	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan kedungdung - Berada di ketinggian 20– 50 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa ladang / tanah kosong - Dengan jenis tanah regosol 	
4	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan kedungdung - Berada di ketinggian 20 – 50 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa sawah tadah hujan - Dengan jenis tanah litosol 	
5	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan kedungdung - Berada di ketinggian 20– 50 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa sawah tadah hujan berbatas dengan hutan produksi dan permukiman - Dengan jenis tanah regosol 	
6	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan kedungdung - Berada di ketinggian 20– 50 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa sawah tadah hujan dan sedikit ladang - Dengan jenis tanah regosol dan litosol 	

Lokasi	Kondisi	Gambar
7	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan kedungdung - Berada di ketinggian 20–50 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa sawah tadah hujan - Dengan jenis tanah regosol 	
8	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan Omben - Berada di ketinggian 20–50 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa sawah tadah hujan dan ladang / tanah kosong - Dengan jenis tanah regosol 	
9	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan Omben - Berada di ketinggian 20–50 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa sawah tadah hujan dan ladang / tanah kosong - Dengan jenis tanah regosol 	
10	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan Omben - Berada di ketinggian 50 – 80 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa sawah tadah hujan dan ladang / tanah kosong - Dengan jenis tanah regosol 	

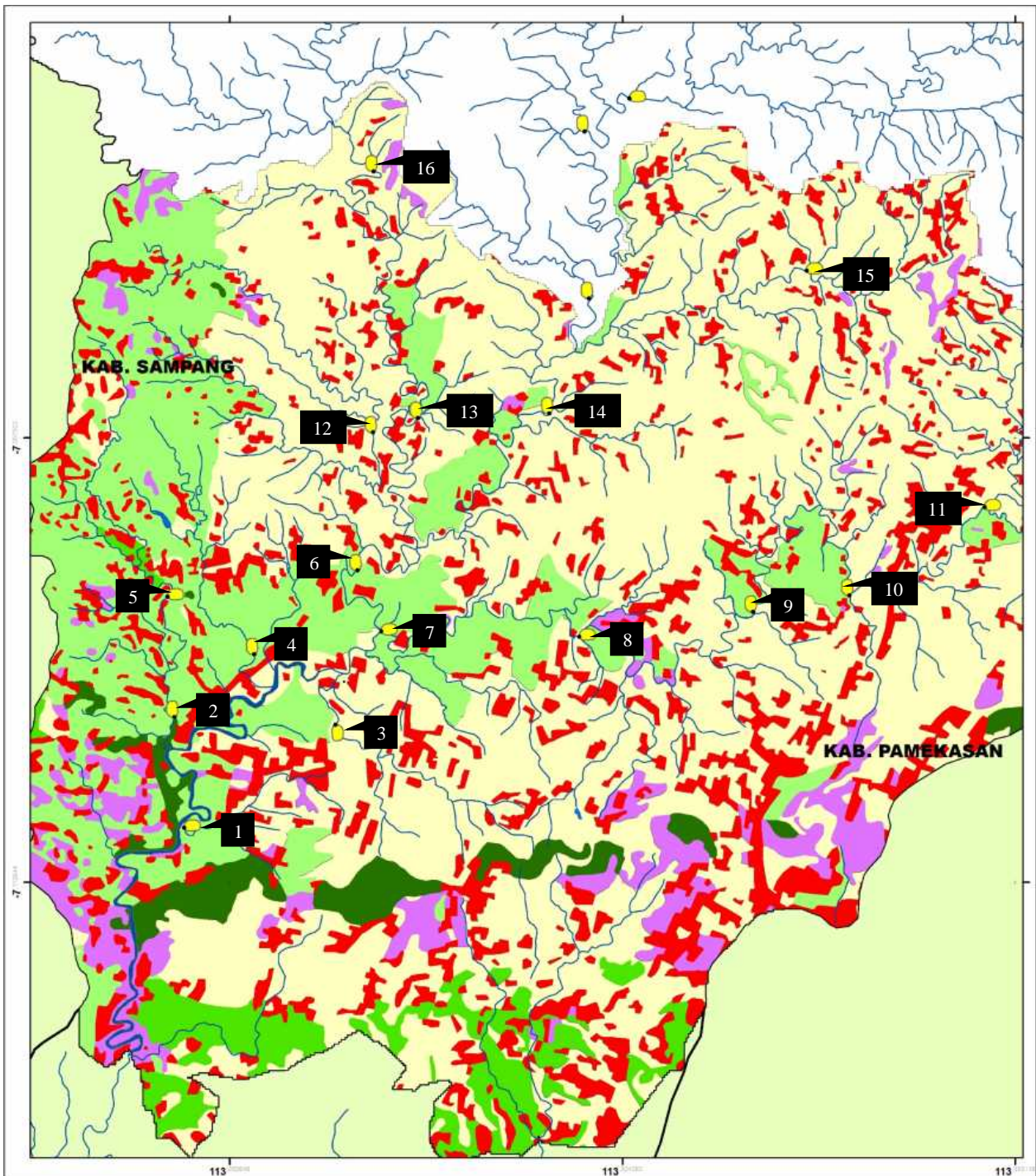
Lokasi	Kondisi	Gambar
11	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan Omben - Berada di ketinggian 50 – 80 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa ladang / tanah kosong dengan sedikit sawah tadah hujan - Dengan jenis tanah regosol 	
12	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan Kedungdung - Berada di ketinggian 20– 50 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa ladang / tanah kosong - Dengan jenis tanah regosol 	
13	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan Robatal - Berada di ketinggian 20– 50 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa sawah tadah hujan dan ladang / tanah kosong - Dengan jenis tanah regosol 	
14	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan kedungdung - Berada di ketinggian 20– 50 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa ladang / tanah kosong dan sawah tadah hujan - Dengan jenis tanah regosol 	

Lokasi	Kondisi	Gambar
15	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan Robatal - Berada di ketinggian 20 – 50 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa ladang / tanah kosong - Dengan jenis tanah regosol 	
16	<ul style="list-style-type: none"> - Terletak di Kecamatan Robatal - Berada di ketinggian 50 – 80 mdpl - Tingkat kelerengan 0 – 15 % - peruntukan lahan berupa ladang / tanah kosong - Dengan jenis tanah regosol 	

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



 <p>MAGISTER TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	<p>Keterangan :</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <p> Batas Kabupaten</p> <p> Sungai</p> </div> <div> <p> Batas Kecamatan</p> <p> Lokasi Kolam Retensi</p> </div> </div>		<p>No Gambar :</p>
	<p>JUDUL TESIS</p> <p>Penerapan Sistem Ecodrainage Dalam Mengurangi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)</p>		<p>4.10</p>
	<p>JUDUL GAMBAR</p> <p>Lokasi Penempatan Kolam Retensi di Sub DAS Hulu Sungai Kamoning</p>		<p></p>
	<p>JENIS PENGGUNAAN LAHAN</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <p> Danau/Bendungan</p> <p> Kebun</p> <p> Ladang / Tanah Kosong</p> <p> Pemukiman</p> </div> <div> <p> Sawah Irigasi</p> <p> Sawah Tadah Hujan</p> <p> Hutan Produktif</p> </div> </div>		<p></p> <p>Skala 1:70.000</p>



4.6.2 Pengurangan Debit Dengan Skenario Perubahan Tata Guna Lahan dengan Sumur Resapan (Alternatif 2)

Pembuatan sumur resapan sebagai salah satu bentuk upaya dalam konservasi air tanah. Sumur resapan dapat dilakukan di daerah permukiman atau disetiap rumah sehingga tidak banyak memerlukan lahan yang luas. Fungsi dari sumur resapan selain sebagai cadangan air bersih juga sebagai mengurangi debit limpasan permukaan (*runoff*) sehingga air hujan tidak langsung masuk ke badan sungai.

Berikut tahapan perhitungan pengurangan debit banjir menggunakan sumur resapan:

PUH 50 Tahun, R_{24}	= 114,49 mm
Jumlah Penduduk	= 214.063 jiwa
Asumsi Area Luas Tangkapan	= 10 x 15 m 150 m ²
Asumsi per KK	= 5 orang
Jumlah Rumah	= 214.063 / 5
	= 42.813 rumah
Koefisien <i>runoff</i> (C)	= 95% (asumsi 95% air hujan tertampung dan 5% hilang akibat evaporasi dan kebocoran)
n	= 0,012 (koefisien manning)
L	= 6,4 m
S	= 0,4 (kemiringan atap)
Ls	= 25 m (panjang lintasan aliran di atap)
V	= 1 m ³ /det (kecepatan aliran di atap)
K	= 3,5 cm/jam 9,722 x 10 ⁻⁶ m/det (Koefisien permeabilitas tanah kelas sedang)

Perhitungan debit air dari atap rumah :

$$\begin{aligned}
 t_o &= \left[\frac{2}{3} \times 3,288 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right] \\
 &= \left[\frac{2}{3} \times 3,288 \times 6,4 \times \frac{0,012}{\sqrt{0,4}} \right] \\
 &= 0,27 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_d &= \frac{L}{6 \times 1} \\
 &= \frac{2}{6 \times 1} \\
 &= 0,42 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_c &= t_o + t_d \\
 &= 0,27 + 0,42 \\
 &= 0,68 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{R_2}{2} \left(\frac{2}{t} \right)^{2/3} \\
 &= \frac{1,4}{2} \left(\frac{2}{0,6} \right)^{2/3} \\
 &= 51,19 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{atap}} &= 0,002778 \times 0,95 \times 51,19 \times 0,01 \\
 &= 0,00135 \text{ m}^3/\text{det} \\
 &= 19.452 \text{ m}^3/\text{hari (dimana lama intensitas hujan 4 jam/hari)}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya melakukan perhitungan untuk perencanaan sumur resapan sehingga dapat diketahui kedalaman yang dibutuhkan dalam perencanaan sumur resapan, berikut perhitungan perencanaan sumur resapan :

$$Q_{\text{atap}} = 0,00135 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Diameter} = 1,5 \text{ m} \quad r = 0,75 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 F &= 5,5 \text{ r} \\
 &= 5,5 \times 0,75 \\
 &= 4,125 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$T = t_c/\text{detik} \quad 0,68 / 3600 = 2458.240 \text{ detik}$$

Maka kedalaman sumur resapan :

$$H = \frac{Q}{F} \left(1 - e^{\frac{-F}{fr^2}} \right)$$

$$= \frac{0,0}{4,1 \times 9,7 \times 10^{-6}} \left(1 - e^{\frac{-4,1 \times 9,7 \times 10^{-6} \times 2,0}{3,1 \times 0,7^2}} \right)$$

$$= 1,933 \text{ m} \quad 2,0 \text{ m}$$

Dari perhitungan perencanaan sumur resapan maka untuk kedalaman rencana sumur resapan adalah 2,0 meter.

Debit resapan yang masuk ke sumur resapan

$$Q_{\text{rembesan}} = F \times K \times H$$

$$= 4,125 \times 9,722 \times 10^{-6} \times 2,0$$

$$= 0,0000802 \text{ m}^3/\text{det}$$

Debit yang tereduksi

$$Q_{\text{reduksi}} = Q_{\text{atap}} - Q_{\text{rembesan}}$$

$$= 0,00135 - 0,0000802$$

$$= 0,00127 \text{ m}^3/\text{det}$$

Kapasitas sumur resapan

$$V_{\text{sumur}} = \pi \cdot r^2 \cdot H$$

$$= 3,14 \times 0,75^2 \times 2,0$$

$$= 3,533 \text{ m}^3$$

Waktu yang dibutuhkan untuk pengisian sumur resapan

$$T_{\text{sumur}} = \frac{V_{\text{st}}}{Q_{\text{r}}}$$

$$= 3,533 / 0,00127$$

$$= 2780,0967 \text{ detik} \quad 0,8 \text{ jam}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka waktu yang dibutuhkan untuk mengisi sumur resapan sampai penuh dengan kedalaman 2,0 meter membutuhkan waktu selama 0,8 jam, dengan kedalaman muka air tanah > kedalaman sumur resapan. Dengan mengambil asumsi seluruh rumah menggunakan sumur resapan maka daya tampung seluruh sumur resapan adalah :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sumur total}} &= V_{\text{sumur}} \times \text{jumlah rumah} \\
 &= 3,533 \times 42.813 \\
 &= 151.235,51 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Potensi pengurangan debit banjir dengan pembuatan sumur resapan :

$$\begin{aligned}
 &= Q_{\text{reduksi}} \times \text{jumlah rumah} \\
 &= 0,00127 \text{ m}^3/\text{det} \times 42.813 \text{ rumah} \\
 &= 54,399 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 41 Hasil Pengurangan Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 50 Tahun Dengan Menggunakan Alternatif II

$Q_{\text{eksisting}}$	$Q_{\text{Perubahan TGL}}$	$Q_{\text{sumur resapan}}$	$Q_{\text{Alternatif II}}$
m^3/det	m^3/det	m^3/det	m^3/det
289,361	259,60	54,40	205,20

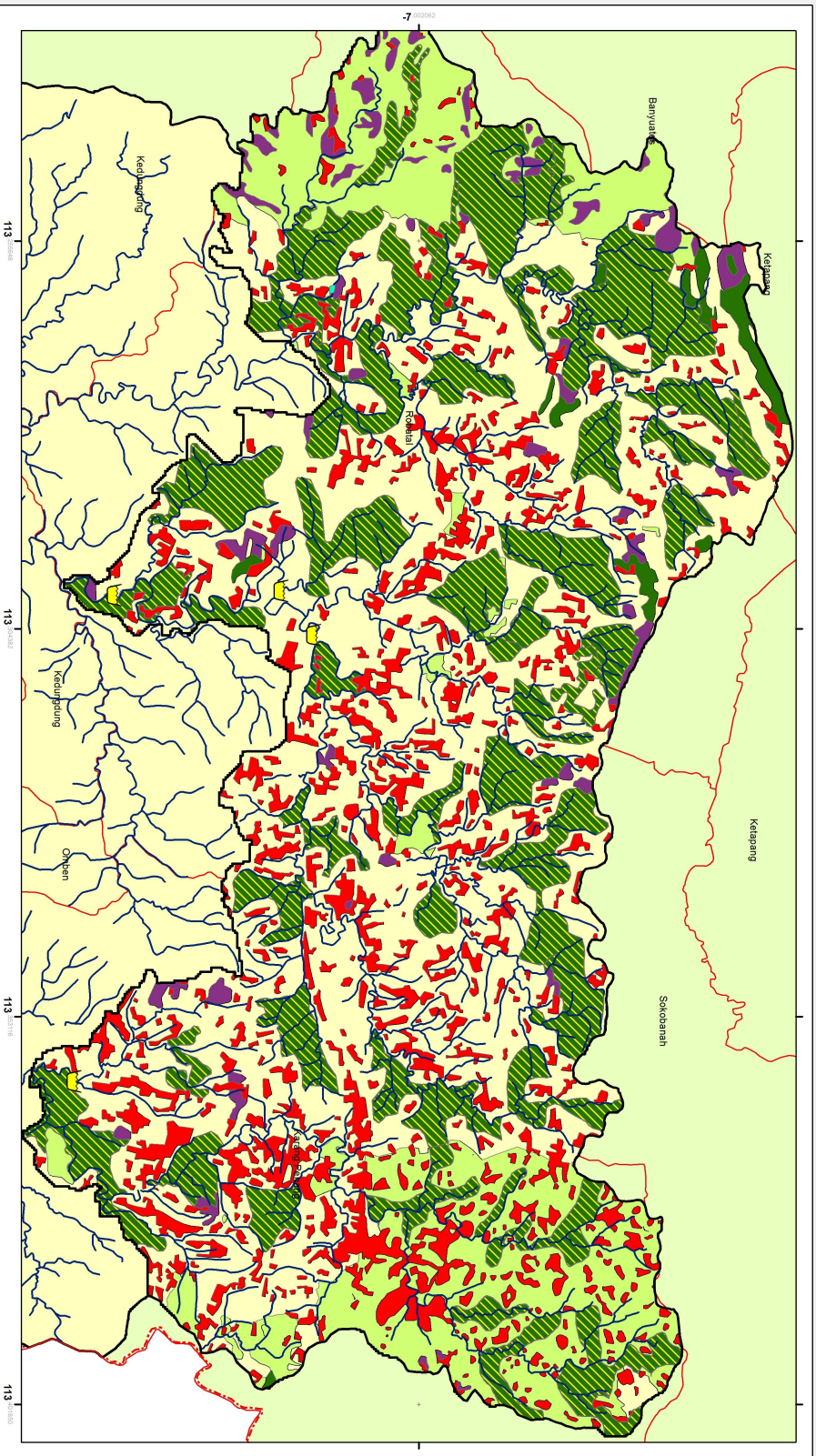
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 42 Prosentase Reduksi Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 50 Tahun Setelah Menggunakan Alternatif 2

Kala Ulang	$Q_{\text{eksisting}}$ (m^3/dt)	$Q_{\text{alternatif II}}$ (m^3/dt)	Prosentase
50	289,361	205,202	29,08%

Sumber: Hasil Perhitungan

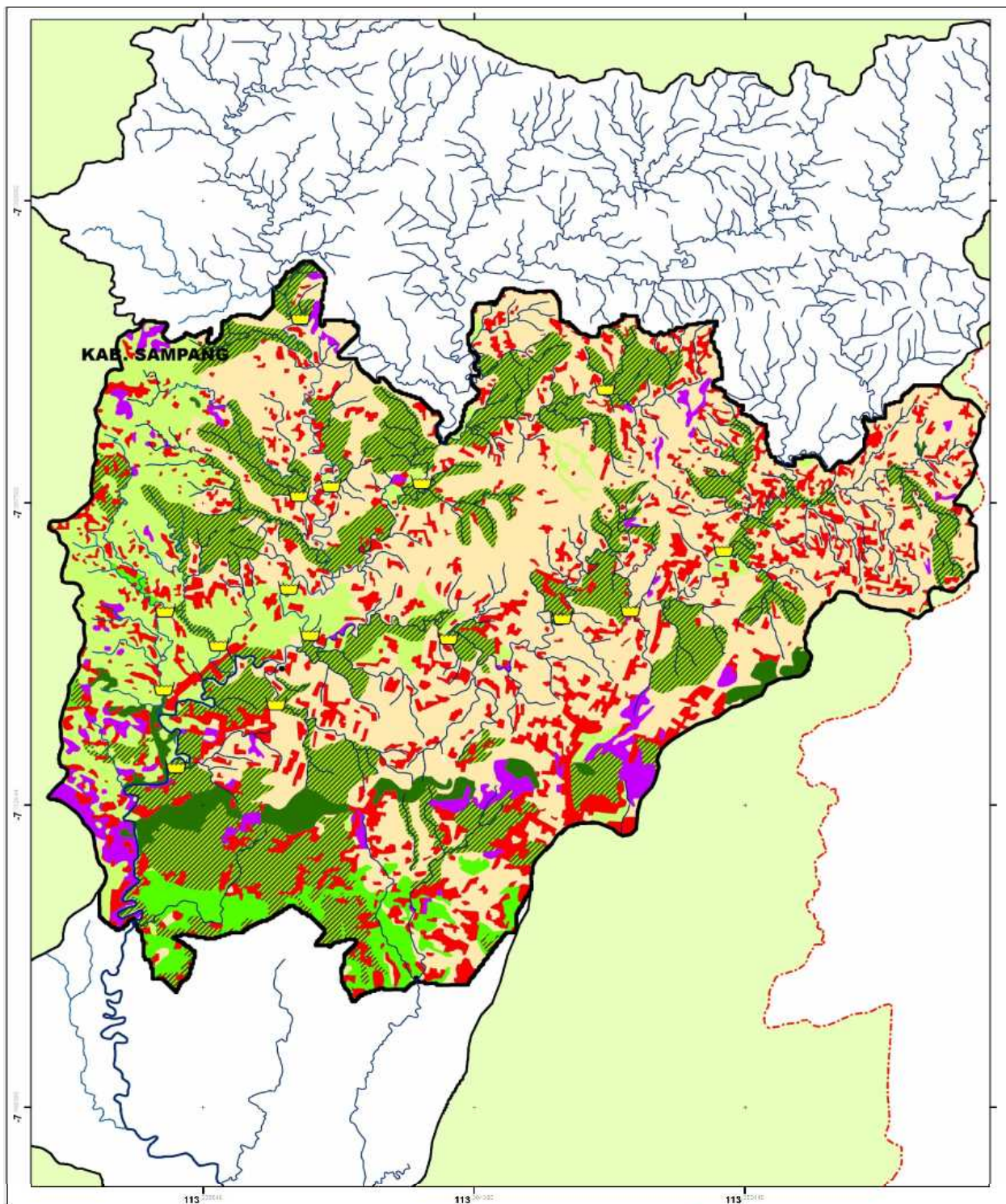
Dari hasil analisa perhitungan maka dapat diketahui bahwa menggunakan alternatif 2 dalam pengurangi debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun eksisting dapat mereduksi debit banjir sebesar 29,08%. Dimana debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun sebelum adanya alternatif 2 sebesar 289,361 m^3/dt tereduksi menjadi sebesar 205,20 m^3/dt .



KETERANGAN :

- Batas Kabupaten
- Batas Kecamatan
- Batas DAS
- Sungai
- Kawasan Perumahan Tata Guna Lahan
- Lokasi Kolam Retensi
- Pemukinan dan Lokasi Sumur Resapan
- Dana/Bendungan
- Ladang
- Hutan Produktif
- Sawah Irigasi
- Kebun
- Sawah Tadah Hujan

<div> </div>		MAGISTER TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
JUDUL TESIS		No. Gambar :	
JUDUL GAMBAR		4.12	
Penerapan Sistem Ecodrainage Dalam Mengurangi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)		Ditulis Oleh :	
Lokasi Penelitian Tesis, Kolam Retensi dan Sumur Resapan di Sub DAS Hutan Sungai Kemuning		Dosen Pembimbing :	
Di Gambar Oleh :		Adhi Yudianto, ST., MT., PhD	
Dosen Pembimbing :		Adhi Yudianto, ST., MT., PhD	
Dosen Pembimbing :		Adhi Yudianto, ST., MT., PhD	





Keterangan :

- | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------|
| Batas Kabupaten | Batas Kecamatan | Batas DAS |
| Sungai | Lokasi Kolam Rotensi | |
| Sawah Irigasi | Kebun | |
| Sawah Tadah Hujan | Ladang / Tanah Kosong | |
| Hutan Produktif | Kawasan Perubahan Tata Guna Lahan | |
| Pemukiman dan Kawasan Sumur Resapan | | |



MAGISTER TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TESIS		No. Gambar :
Penerapan Sistem Erodasi dalam Mengurangi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)		4.13
JUDUL GAMBAR		  Skala 1:70.000
Lokasi Perubahan TGL, Lokasi Rotensi dan Sumur Resapan di Sub DAS Tengah Sungai Kamuning		
Di Gambar Oleh :	Freum Andika	
Dosen Pembimbing :	Adi Yudianto, ST, MT, PhD	

4.7 Aspek Lingkungan

Suatu kegiatan tidak akan pernah memisahkan diri dari lingkungan dan masyarakat sekitarnya. Dimulai dari faktor makro ekonomi, sosial, politik, kepedulian akan lingkungan hidup maupun kesejahteraan lingkungan masyarakat sekitar, penting untuk di pertimbangkan. Lingkungan tempat kegiatan akan dilaksanakan atau dijalankan harus dianalisis secara cermat. Hal ini disebabkan lingkungan disatu sisi dapat menjadi peluang dari kegiatan yang akan dilaksanakan atau dijalankan dan di lain sisi juga menjadi ancaman bagi perkembangan kegiatan tersebut. Suatu kegiatan dapat menimbulkan berbagai aktivitas sehingga menimbulkan dampak bagi lingkungan disekitar lokasi kegiatan.

Perubahan kehidupan masyarakat sebagai akibat dari adanya aktivitas kegiatan sendiri dapat berupa semakin ramainya lokasi disekitar, timbulnya kerawanan sosial, timbulnya penyakit masyarakat, juga perubahan gaya hidup sebagai akibat masuknya tenaga kerja dari luar daerah. Pada penelitian ini bahasan pada aspek lingkungan adalah pengaruh yang mungkin terjadi terhadap lingkungan sekitar dengan adanya kegiatan pengurangan potensi banjir ini terdiri atas penerapan ecodrainage dengan menggabungkan metode vegetatif dan mekanik.

Identifikasi pengaruh terhadap lingkungan dilakukan dengan tujuan untuk memberikan gambaran bagaimana suatu komponen atau parameter lingkungan yang akan berubah akibat adanya suatu aktivitas/kegiatan manusia. Pembahasan dalam kajian ini membahas tentang pengaruh lingkungan pada tahap pasca pelaksanaan yaitu operasional dan pemeliharaan setelah adanya kegiatan konservasi metode vegetatif berupa perubahan fungsi lahan daerah hulu dan tengah DAS Sungai Kamoning dan metode mekanik berupa pembuatan kolam retensi dan sumur resapan

4.7.1 Pasca Konstruksi (Operasional dan Pemeliharaan)

Dengan penerapan sistem ecodrainage dalam upaya mengurangi potensi banjir yang terjadi di Kabupaten Sampang adapun pengaruh terhadap lingkungan setelah atau pasca pelaksanaan, Antara lain:

A. Perubahan Tata Guna Lahan

Pengaruh lingkungan pada kegiatan pasca konstruksi untuk perubahan tata guna lahan yaitu :

1) Pemeliharaan vegetasi

Pemeliharaan vegetasi untuk memastikan pertumbuhan tanaman.

Pengaruh lingkungan pada kegiatan ini Antara lain :

- ✓ Perubahan kualitas lingkungan yang nantinya akan terjadi seperti peningkatan kualitas udara dan penurunan suhu.
- ✓ Perubahan bentang alam dan topografi lahan dimana berkurangnya kawasan gundul di wilayah hulu dan tengah DAS Sungai Kamoning sehingga kawasan resapan air di wilayah tersebut semakin luas.
- ✓ Perubahan struktur tanah dimana tanah tidak mudah mengalami erosi sehingga mengurangi tingkat erosi tanah dengan banyaknya pohon dimana akar pohon dapat mengikat tanah sehingga sedimentasi di sungai dapat berkurang.
- ✓ Perubahan terhadap ekonomi masyarakat dimana memberikan peluang ekonomi bagi masyarakat dengan berkembangnya wawasan masyarakat tentang budidaya pohon dan menambah lapangan pekerjaan bagi masyarakat disekitar dengan memulai budidaya pohon
- ✓ Perubahan pada kualitas dan kuantitas air tanah dimana tingkat kualitas dan kuantitas air tanah di wilayah hulu dan tengah DAS Sungai Kamoning semakin baik.

B. Pembuatan Kolam Retensi

Pengaruh lingkungan pasca konstruksi atau operasional dan pemeliharaan pada kegiatan pembuatan kolam retensi Antara lain :

- ✓ Pengaruh lingkungan terhadap sosial budaya masyarakat, dengan beroperasinya bangunan maka ketersediaan air untuk pemenuhan air baku akan tercukupi, hal ini akan berpengaruh terhadap budaya masyarakat yang dapat memanfaatkan potensi air sungai sebagai pemenuhan kebutuhan air untuk pertanian (sawah, ladang). Menampung air dari anak sungai pada daerah tangkapan pada musim hujan dan digunakan pada musim kemarau sehingga kegiatan masyarakat saat musim kemarau di daerah tampungan meningkat dengan memanfaatkan air tampungan sebagai kebutuhan pada musim kemarau.
- ✓ Pengaruh ekonomi masyarakat dengan beroperasinya bangunan, masyarakat bisa memanfaatkan tampungan air di wilayah kolam retensi untuk membudidayakan ikan dengan keramba. peran serta masyarakat, dengan beroperasinya bangunan. Selain itu menambah lapangan pekerjaan untuk masyarakat di lingkungan sekitar bangunan apabila fungsi dari bangunan dijadikan kawasan wisata oleh pemerintah setempat.
- ✓ Pengaruh langsung dari kegiatan pengoperasian terhadap meningkatnya ekonomi pemerintah adalah pengendalian banjir, air yang tertampung dalam unit yang berfungsi sebagai penampung pada saat berlebihan serta bangunan utama dengan fasilitas bangunan penahan air berfungsi untuk mendistribusikan pada saat diperlukan, dimana dalam pelayanannya fungsi tersebut dapat bersifat serbaguna sehingga dapat mengurangi kerugian fisik dan non fisik akibat banjir yang terjadi. Adapun menambah nilai ekonomi atau pendapatan pemerintah dengan pengelolaan kolam retensi yang baik dijadikan kawasan wisata.

C. Pembuatan Sumur Resapan

Pengaruh terhadap lingkungan dengan beroperasinya kegiatan pembuatan sumur resapan di masing – masing rumah Antara lain :

- ✓ Pengaruh terhadap sosial budaya masyarakat, dengan beroperasinya bangunan, hal ini akan berpengaruh pada budaya masyarakat yang mulai

belajar tentang pemanfaatan sumur resapan. Pada musim kemarau masyarakat sangat sulit untuk memenuhi kebutuhan air dengan ketersediaan air yang terbatas. Dengan pembuatan sumur resapan masyarakat dapat menggunakan air tanah yang telah meningkat secara kuantitas dan kualitasnya dengan menggunakan sumur dalam secara komunal untuk memenuhi kebutuhan air pada musim kemarau.

- ✓ Pengaruh terhadap ekonomi masyarakat, dengan terbangunnya sumur resapan dimana fungsi dari sumur resapan sendiri adalah meresapkan air hujan ke dalam tanah sehingga dapat meningkatkan kuantitas air tanah. Pada saat musim kemarau dimana ketersediaan air terbatas sehingga untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat mengeluarkan biaya yang besar, dengan adanya sumur resapan, masyarakat bisa menghemat biaya dengan membuat sumur dalam untuk memenuhi kebutuhan air di musim kemarau dengan sangat mudah karena ketersediaan air tanah meningkat.
- ✓ Pengaruh terhadap nilai ekonomi pemerintah, menurut data yang telah dihimpun dari instansi terkait, akibat dampak banjir di Kabupaten Sampang pada tahun 2016 pemerintah mengalami kerugian akibat banjir sebesar 58 milyar rupiah (BNPB Kab. Sampang, 2016). Manfaat dari fungsi sumur resapan tersebut sebagai pengendali banjir. Dengan menampung air dari limpasan hujan dan diresapkan ke tanah merupakan salah satu cara mengurangi dampak terjadinya banjir. Sehingga dapat mengurangi kerugian fisik dan non fisik akibat bencana banjir yang terjadi.

4.8 Aspek Pembiayaan

Dalam aspek pembiayaan ini, analisa yang dilakukan adalah membandingkan biaya yang dibutuhkan oleh alternatif 1 dengan alternatif 2. Besarnya biaya yang dihitung meliputi biaya pembelian dan penanaman bibit tanaman, biaya pembuatan kolam retensi serta biaya pembuatan sumur resapan. Pada kegiatan konservasi vegetative untuk jenis tanaman yang digunakan adalah tanaman yang memiliki fungsi sebagai konservasi tanah air dan juga harus memiliki

nilai ekonomis. Jenis tanaman yang digunakan untuk konservasi metode vegetatif dalam penelitian ini menggunakan bibit pohon sengon.

4.8.1 Perhitungan Biaya Konservasi Metode Vegetatif

Berikut perhitungan biaya konservasi menggunakan metode vegetatif menggunakan pohon sengon.

Tabel 4. 43 Analisa Biaya Penanaman Pohon Sengon per Hektar

NO	URAIAN	SATUAN	UNIT	HARGA	JUMLAH
A Biaya Sarana Produksi					
1	Bibit Sengon	batang	1,100	Rp 5,500.00	Rp 6,050,000.00
2	Ajir	bh	1,100	Rp 500.00	Rp 550,000.00
3	Pupuk				-
	- Pupuk Kandang (tahun ke 1 s/d ke 5)	kg	150	Rp 10,000.00	Rp 1,500,000.00
	- Urea (tahun ke 1 s/d ke 5)	kg	200	Rp 2,000.00	Rp 400,000.00
	- TSP (tahun ke 1 s/d ke 5)	kg	600	Rp 2,100.00	Rp 1,260,000.00
	- ZA (tahun ke 1 s/d ke 5)	kg	400	Rp 1,500.00	Rp 600,000.00
4	Obat-obatan				
	- Insektisida (tahun ke 1 s/d ke 5)	liter	15	Rp 50,000.00	Rp 750,000.00
	- Fungisid (tahun ke 1 s/d ke 5)	liter	25	Rp 15,000.00	Rp 375,000.00
					-
B Biaya Tenaga Kerja					
1	Persiapan Lahan	HOK	30	Rp 45,000.00	Rp 1,350,000.00
2	Pembuatan Lubang	HOK	75	Rp 45,000.00	Rp 3,375,000.00
3	Penanaman Bibit	HOK	40	Rp 45,000.00	Rp 1,800,000.00
4	Penyulaman	HOK	10	Rp 25,000.00	Rp 250,000.00
5	Pemupukan (tahun ke 1 s/d ke 5)	HOK	30	Rp 25,000.00	Rp 750,000.00
6	Pengendalian (tahun ke 1 s/d ke 5)	HOK	5	Rp 25,000.00	Rp 125,000.00
JUMLAH (A + B)					Rp 19,135,000.00

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil skenario perubahan tata guna lahan menjadi hutan dengan luas perubahan 6.947,72 ha kemudian dikalikan biaya penanaman pohon sengon per hektar, berikut perhitungan total biaya konservasi metode vegetatif

$$\begin{aligned}\text{Total biaya} &= 6.947,72 \times 19.135.000 \\ &= \text{Rp } 132.944,622,200\end{aligned}$$

Maka biaya yang diperlukan dalam kegiatan konservasi metode vegetatif sebesar Rp. 132.944.622.200

4.8.2 Perhitungan Biaya Konservasi Metode Mekanik (Kolam Retensi)

Berikut perhitungan biaya konservasi metode mekanik (kolam retensi) dengan mengacu pada harga yang telah ditetapkan HSPK Kabupaten Sampang :

Tabel 4. 44 Analisa anggaran biaya pembuatan 1 kolam retensi

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Sat	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
I.	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pembersihan lokasi	1.00	Ls	Rp 5,000,000.00	Rp 5,000,000.00
2	Pengukuran & Uitset	1.00	Ls	Rp 12,000,000.00	Rp 12,000,000.00
3	Mobilisasi & Demobilisasi Alat berat	1.00	set	Rp 6,000,000.00	Rp 6,000,000.00
4	Pemasangan papan nama proyek	1.00	b	Rp 500,000.00	Rp 500,000.00
				Sub Jumlah	Rp 23,500,000.00
II.	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian tanah menggunakan alat berat	98,230.60	m ³	Rp 49,900.00	Rp 4,901,706,940.00
2	Galian tanah manual	1,099.15	m ³	Rp 50,750.00	Rp 55,782,047.74
3	Urugan tanah kembali	59.28	m ³	Rp 16,914.00	Rp 1,002,650.08
				Sub Jumlah	Rp 4,958,491,637.82
III.	PEKERJAAN PASANGAN				
1	Pasangan batu gunung	1,157.76	m ³	Rp 845,636.43	Rp 979,044,031.54
2	Plesteran	3,618.00	m ²	Rp 53,551.20	Rp 193,748,241.60
3	Acian	3,618.00	m ²	Rp 27,783.75	Rp 100,521,607.50
4	Frame beton	155.58	m ³	Rp 1,801,934.65	Rp 280,352,201.16
5	Bekisting Frame beton 1 X Pakai	1,019.84	m ²	Rp 112,884.00	Rp 115,123,618.56
				Sub Jumlah	Rp 1,668,789,700.36
IV.	PEKERJAAN JEMBATAN				
1	Pasangan batu gunung abutmen	53.49	m ³	Rp 845,636.43	Rp 45,231,401.29
2	Plesteran	69.01	m ²	Rp 53,551.20	Rp 3,695,637.93

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Sat	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
	3 Acian	69.01	m ²	Rp 27,783.75	Rp 1,917,392.71
	4 Plat lantai jembatan	2.23	m ³	Rp 2,702,172.57	Rp 6,015,036.13
	5 Plat injak	0.64	m ³	Rp 902,910.00	Rp 574,250.76
	6 Balok jembatan 20/30	1.58	m ³	Rp 2,207,163.04	Rp 3,482,903.28
	7 Balok jembatan 15/25	0.20	m ³	Rp 2,062,785.26	Rp 409,978.57
	8 Tiang sandaran 15/20	0.24	m ³	Rp 1,748,551.27	Rp 419,652.31
	9 Pipa sandaran f3"	28.00	m'	Rp 50,000.00	Rp 1,400,000.00
	10 Bekesting plat lantai 1 x pakai	18.55	m ²	Rp 219,902.00	Rp 4,079,182.10
	11 Bekesting balok 1 x pakai	7.16	m ²	Rp 189,302.00	Rp 1,354,455.81
	12 Pengecatan Tiang Sandaran	5.60	m ²	Rp 16,636.00	Rp 93,161.60
	13 Pekerjaan Pintu Air (B=1; H=1,45a; H'=4,5)	1.00	unit	Rp 22,594,000.00	Rp 22,594,000.00
				Sub Jumlah	Rp 91,267,052.48
V.	PEKERJAAN CRANE DAM				
	1 Beton tumbuk crane dam	25.03	m ³	Rp 837,115.00	Rp 20,948,802.88
				Sub Jumlah	Rp 20,948,802.88
VI.	PEKERJAAN PRASASTI				
	1 Pasangan batu gunung	0.26	m ³	Rp 845,636.43	Rp 218,546.28
	2 Plesteran	1.49	m ²	Rp 53,551.20	Rp 79,812.71
	3 Acian	1.49	m ²	Rp 27,783.75	Rp 41,408.90
	4 Marmer prasasti	1.00	bh	Rp 750,000.00	Rp 750,000.00
	5 Pengecatan Prasasti	1.49	m ²	Rp 16,636.00	Rp 24,794.29
				Sub Jumlah	Rp 1,114,562.18
JUMLAH TOTAL (I + II + III + IV + V + VI)					Rp 6,764,111,755.72

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan rincian biaya pembuatan 1 buah kolam retensi diperoleh biaya sebesar 6.764.111.755,72 rupiah. Maka jumlah total biaya yang dibutuhkan untuk 20 kolam retensi yaitu ;

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Total Biaya} &= 20 \times 6.764.111.755,72 \\
 &= 135.282.235.114,39 \text{ rupiah}
 \end{aligned}$$

4.8.3 Perhitungan Biaya Konservasi Metode Mekanik (Sumur Resapan)

Berikut perhitungan analisa biaya pembuuatan sumur resapan dengan harga satuan berdasarkan HSPK Kabupateen Sampang ;

Tabel 4. 45 Analisa anggaran biaya pembuatan 1 unit sumur resapan

No	Uraian Pekerjaan	Sat	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pengukuran	Ls	1.00	Rp 500,000.00	Rp 500,000.00
2	Mobilisasi	Ls	1.00	Rp 200,000.00	Rp 200,000.00
				<i>Sub Jumlah</i>	Rp 700,000.00
B	PEKERJAAN PASANGAN				
1	Galian Tanah	m ³	3.53	Rp 50,750.00	Rp 179,299.75
2	Pembuatan saluran input dan output	m ³	1.50	Rp 210,000.00	Rp 315,210.00
3	Pembuatan bak kontrol	m ²	1.35	Rp 225,000.00	Rp 303,750.00
4	Pasangan bahan pengisi	m ³	0.35	Rp 448,000.00	Rp 158,256.00
5	Pemasangan gorong gorong	bh	2.00	Rp 180,000.00	Rp 360,000.00
6	Pemasangan Tutup gorong - gorong	bh	1.00	Rp 180,000.00	Rp 180,000.00
				<i>Sub Jumlah</i>	Rp 1,496,515.75
JUMLAH TOTAL (A + B)					Rp 2,196,515.75

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan analisa anggaran biaya untuk pembuatan 1 unit sumur resapan diperoleh biaya sebesar Rp 2.196.515,75. Maka jumlh biaya total kebutuhan untuk 42.813 rumah adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Total Biaya} &= 42.813 \times 2.196.515,75 \\
 &= 94.039.428.804,75 \text{ Rupiah}
 \end{aligned}$$

4.8.4 Besar Biaya Masing – Masing Alternatif

Dari hasil perhitungan sebelumnya maka bisa diketahui biaya dari masing –masing alternatif sebagai berikut :

Tabel 4. 46 Besar biaya yang dibutuhkan masing – masing alternatif

Alternatif	Kegiatan	Jumlah Biaya	
1	• Konservasi Vegetatif	Rp	132,944,622,200.00
	• Pembuatan Kolam Retensi	Rp	135,282,235,114.39
	JUMLAH	Rp	268,226,857,314.39
2	• Konservasi Vegetatif	Rp	132,944,622,200.00
	• Pembuatan Sumur Resapan	Rp	94,039,428,804.75
	JUMLAH	Rp	226,984,051,004.75

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan maka dapat diketahui jumlah biaya yang dibutuhkan untuk alternatif I sebesar 268.226.857.314,39 rupiah sedangkan jumlah biaya yang dibutuhkan untuk alternatif II sebesar 226.984.051.004,75 rupiah.

4.9 Pemilihan Alternatif Dalam Upaya Mengurangi Debit Banjir

Pemilihan alternatif dilakukan dengan maksud mampu memilih alternatif terbaik dari sejumlah alternatif yang tersedia dengan tujuan untuk mendapatkan nilai ekonomis yang optimal. Dari hasil analisa dan perhitungan diperoleh besar reduksi atau pengurangan debit banjir, dampak – dampak yang mungkin terjadi pada lingkungan sekitar serta biaya yang dibutuhkan dengan menggunakan alternatif I dan alternatif II. Pemilihan alternatif dalam upaya mengurangi potensi banjir di DAS Sungai Kamoning dinilai dari ketiga aspek yaitu aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek biaya selain itu juga dalam pemilihan alternatif harus mempertimbangkan parameter – parameter lain.

Tabel 4. 47 Perbandingan Masing – Masing Alternatif

Alternatif I	Alternatif II
Aspek Teknis	
✓ Mereduksi Debit Banjir sebesar 31,02%	✓ Mereduksi Debit Banjir sebesar 29,08%
✓ Jumlah Kolam Yang dibutuhkan sebanyak 20 buah dengan luas setiap kolam retensi 3 ha.	✓ Jumlah yang dibutuhkan untuk mereduksi debit banjir sebanyak 42.813 buah.
Aspek Lingkungan	
✓ Perubahan fungsi lahan sangat berdampak positif dalam jangka waktu lama	✓ Perubahan fungsi lahan sangat berdampak positif dalam jangka waktu lama

Alternatif I	Alternatif II
✓ Fungsi kolam retensi sangat banyak, pemanfaatan kolam retensi juga banyak sehingga dapat menutupi dampak negatif yang sedikit terjadi dengan adanya kolam retensi	✓ Fungsi sumur resapan selain dapat mengurangi air limpasan permukaan juga dapat merecharge air tanah yang ada disekitarnya.
Aspek Pembiayaan	
✓ Besar biaya yang dibutuhkan sebesar Rp. 268,226,857,300	✓ Besar biaya yang dibutuhkan sebesar Rp. 226,984,051,000
Parameter Lain	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lokasi pembuatan kolam retensi berada dilahan kosong dan daerah cekungan yang tidak mengganggu kepada masyarakat sehingga mudah dilaksanakan ✓ Manfaat yang diperoleh dengan pembuatan kolam retensi dapat langsung dirasakan oleh masyarakat sekitar. ✓ Operasional dan pemeliharaan untuk kolam retensi sepenuhnya dilakukan oleh pemerintah sehingga bisa berjalan lancar ✓ Bisa dipakai untuk rencana jangka pendek sampai dengan rencana jangka panjang 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lokasi pembuatan sumur resapan di setiap rumah, sehingga pelaksanaannya perlu sosialisasi dan kemauan masyarakat supaya bisa dilaksanakan ✓ Manfaat yang diperoleh dengan pembuatan sumur resapan tidak nampak pada masyarakat sekitar dan membutuhkan waktu lama dalam merasakan manfaatnya. ✓ Operasional dan pemeliharaan untuk sumur resapan dilakukan oleh masyarakat sendiri sehingga perlu kesadaran masyarakat supaya operasional dan pemeliharaan sumur resapan dapat berjalan lancar. ✓ Dipakai untuk rencana pelaksanaan jangka panjang

Sumber: Hasil Analisa

Mengingat kejadian banjir di Kabupaten Sampang yang sering terjadi setiap tahun perlu upaya penanganan banjir yang bersifat segera ditangani dan ditindaklanjuti untuk mengurangi dampak kerugian banjir. Dengan mempertimbangkan hasil dari Tabel 4.48 perbandingan alternatif 1 dan alternatif 2 maka dalam upaya mengurangi potensi banjir di DAS Sungai Kamoning yang layak dan efektif yaitu menggunakan alternatif 1 dimana secara teknis penggunaan alternatif 1 lebih besar mereduksi debit banjir dibandingkan alternatif 2, pembuatan kolam retensi juga mudah dilaksanakan karena lokasi pembuatannya di lahan kosong sehingga tidak mengganggu permukiman masyarakat. Meskipun secara finansial alternatif 1 lebih mahal dari alternatif 2 tetapi kekurangan tersebut bisa diminimalisir dengan berkurangnya kerugian akibat dampak banjir.

4.10 Strategi Untuk Mencapai Masing – Masing Alternatif

Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Sampang tahun 2012-2032, ditetapkan beberapa hal yang menguatkan alternatif – alternatif tersebut dalam mengurangi potensi banjir, utamanya yang melingkupi DAS Sungai Kamoning sebagai berikut:

1. Pemantapan, pelestarian, dan perlindungan kawasan lindung secara berkelanjutan berbasis kearifan lokal dengan strategi meliputi:
 - a. Meningkatkan kualitas kawasan yang memberi perlindungan di bawahnya berupa kawasan resapan air;
 - b. Memantapkan dan meningkatkan konservasi alam, rehabilitasi ekosistem serta mengendalikan pencemaran, dan kerusakan lingkungan hidup;
 - c. Mengendalikan kawasan rawan bencana alam;
2. Pengembangan kawasan budidaya secara bersinergis dengan agropolitan, industri berbasis pertanian, dan pariwisata dengan strategi meliputi:
 - a. Mengembangkan kawasan hutan produksi;
 - b. Mengembangkan kawasan hutan rakyat;
3. Sistem jaringan sumber daya air terdiri atas:
 - a. Sungai, waduk, dan embung;
 - b. Wilayah sungai kabupaten;
 - c. Sistem pengendalian banjir.
4. Wilayah Sungai Kabupaten yaitu wilayah Sungai Kamoning
5. Sistem pengendalian banjir meliputi:
 - a. Pembangunan tanggul dan talud permanen di sepanjang sungai;
 - b. Pembangunan reservoir di wilayah hulu;
 - c. Normalisasi sungai;
 - d. Pembangunan embung dan bendungan meliputi:
 - ✓ Kecamatan Robatal;
 - ✓ Kecamatan Kedungdung;
 - ✓ Kecamatan Karangpenang;
 - ✓ Kecamatan Omben.
 - e. Reboisasi kawasan resapan air;

- f. Pengendalian kawasan resapan air dan
 - g. Pengendalian kawasan lindung sempadan sungai.
6. Rencana pola ruang wilayah kabupaten meliputi: kawasan lindung; dan kawasan budidaya.
- a. Kawasan lindung meliputi:
 - ✓ kawasan yang memberikan perlindungan terhadap kawasan bawahannya;
 - ✓ kawasan perlindungan setempat;
 - ✓ kawasan suaka alam, pelestarian alam, dan cagar budaya;
 - ✓ kawasan rawan bencana alam;
 - ✓ kawasan lindung geologi; dan
 - ✓ kawasan lindung lainnya.
 - b. Kawasan yang memberikan perlindungan terhadap kawasan bawahannya berupa kawasan resapan air.
 Kawasan resapan air meliputi:
 - ✓ Kecamatan Kedungdung;
 - ✓ Kecamatan Sampang;
 - ✓ Kecamatan Omben; dan
 - ✓ Kecamatan Robatal.
 Kawasan perlindungan setempat terdiri atas:
 - ✓ Sempadan sungai;
 - ✓ Kawasan sekitar waduk;
 - ✓ Kawasan sekitar mata air;
7. Kawasan rawan bencana alam terdiri dari daerah rawan banjir.
8. Kawasan yang memberikan perlindungan terhadap air tanah terdiri atas:
- a. Kawasan sempadan mata air meliputi:
 - ✓ Kecamatan Omben;
 - ✓ Kecamatan Kedungdung;
 - ✓ Kecamatan Robatal;
 - ✓ Kecamatan Sampang;

b. Kawasan pengisian atau recharge air tanah meliputi:

- ✓ Kecamatan Kedungdung;
- ✓ Kecamatan Sampang;
- ✓ Kecamatan Omben; dan
- ✓ Kecamatan Robatal.

Dari hasil keputusan dan kebijakan RTRW yang telah dibuat oleh Pemerintah daerah Kabupaten Sampang dapat memberikan arahan yang jelas dan menjadi acuan dalam perumusan masalah dalam pengurangan potensi banjir pada kajian ini, sehingga hasil rekomendasi yang dihasilkan sesuai dengan rencana jangka pendek dan rencana jangka panjang Pemerintah Daerah Kabupaten Sampang.

Berdasarkan hasil analisa dalam kajian ini, adapun langkah – langkah atau upaya yang dilakukan untuk mencapai pada masing – masing alternatif adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 48 Strategi Yang Dilakukan Untuk Mencapai Masing-Masing Alternatif

No	Strategi	Upaya Nonfisik	Upaya Fisik
1	Peningkatan, rehabilitasi hutan dan lahan dan pelestarian hutan lindung, kawasan suaka alam dan kawasan pelestarian alam	1. Pembuatan peraturan dalam rangka mempertahankan kawasan lindung yang sudah ditetapkan dan luas kawasan yang berfungsi lindung hingga >30% luas DAS 2. Pemberdayaan masyarakat dalam pelestarian hutan lindung, kawasan suaka alam, dan kawasan pelestarian alam 3. Pelibatan masyarakat dalam program nasional atau gerakan nasional pelestarian hutan	1. Rehabilitasi hutan lindung, hutan suaka alam (taman nasional) melalui upaya vegetatif dan manajemen budidaya hutan 2. Rehabilitasi lahan kritis melalui upaya vegetatif, sipil teknis dan agronomis 3. Peningkatan kawasan hutan dengan kegiatan penanaman pohon di kawasan atau lahan yang sudah ditetapkan sebagai perubahan fungsi lahan menjadi hutan

No	Strategi	Upaya Nonfisik	Upaya Fisik
2	Perlindungan sumber air	1. Pengaturan terkait kegiatan pembangunan dan pemanfaatan lahan di sekitar sumber air permukaan (sungai, mata air, danau, waduk, embung, kolam dan lainnya) 2. Pemberdayaan masyarakat disekitar sumber-sumber air	1. Penghijauan dengan cara penanaman pohon di sekitar sempadan sungai dan sumber-sumber air. 2. Membuat papan-papan larangan pada hutan lindung dan kawasan sempadan sumber air
3	Pengisian air pada sumber air	Pengaturan prosedur dan perizinan pengisian air pada sumber-sumber air	1. Pengisian air tanah dengan pembuatan kolam tampungan seperti waduk, danau, embung, dan kolam 2. Pengisian air tanah dengan pembuatan sumur resapan disetiap rumah - rumah yang masuk zona daerah resapan air di DAS 3. Membuat hujan buatan jika waduk, danau mengering akibat kemarau panjang
4	Pengendalian pengolahan tanah di daerah hulu dan tengah DAS	1. Pembuatan peraturan pengolahan tanah/lahan budidaya di daerah hulu dan tengah DAS 2. Pemberdayaan masyarakat terkait pengolahan tanah/lahan budidaya dalam meminimalisir erosi lahan	1. Terasering (sengkedan), talud penahan tanah, perkuatan tebing untuk mencegah longsor dan erosi 2. Bangunan pengendali/penahan sedimen (<i>check dam</i>) pada sumber air khususnya sungai, waduk, danau embung dan kolam
5	Pemeliharaan kelangsungan fungsi resapan air dan daerah tangkapan air	1. Pengaturan pelestarian daerah resapan air dan daerah tangkapan air 2. Pemberdayaan masyarakat dalam pelestarian daerah resapan dan tangkapan air 3. Pemantauan dan pengawasan pelaksanaan kegiatan	Pengelolaan kawasan daerah resapan air dan daerah tangkapan air, melalui pemeliharaan, rehabilitasi daerah resapan air dan daerah tangkapan air

No	Strategi	Upaya Nonfisik	Upaya Fisik
6	Penyimpanan air tanah	Pelibatan masyarakat dalam menetapkan kebijakan upaya menyimpan air tanah	1. Peningkatan kapasitas tampungan air permukaan eksisting (waduk, danau, embung, kolam retensi dan lainnya) 2. Revitalisasi waduk, situ (tampungan alami) 3. Pembangunan tampungan air (waduk, embung, kolam retensi)
7	Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air	1. Pembuatan peraturan terkait persyaratan kualitas air pada sumber-sumber air 2. Pelibatan dan pemberdayaan masyarakat terkait pengelolaan kualitas air pada sumber air	1. Membangun pengolahan air baku dalam rangka peningkatan kualitas sumber air, 2. Peningkatan O&P prasarana yang sudah ada dan baru dibangun.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pada penelitian studi ini, maka dapat disimpulkan:

1. Besar debit banjir rancangan dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dengan kala ulang kala ulang 50 tahun di DAS Sungai Kamoning sebesar 289,361 m³/det.
2. Dari hasil perhitungan analisa menggunakan alternatif I dapat disimpulkan debit banjir rancangan dengan kala ulang 50 tahun eksisting di DAS Sungai Kamoning dapat direduksi sebesar 31,02% dimana debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun eksisting di DAS Kamoning dengan besar 289,361 m³/det dapat direduksi menjadi 199,59 m³/det.

Sedangkan untuk alternatif II, dapat mereduksi atau mengurangi debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun eksisting di DAS Sungai Kamoning sebesar 289,361 m³/det menjadi berkurang sebesar 205,20 m³/det atau sebesar 29,08%.

3. Dari hasil perbandingan alternatif 1 dan alternatif 2, sistem *ecodrainage* yang layak dan efektif dalam upaya mengurangi potensi banjir yaitu menggunakan alternatif 1 dimana secara teknis penggunaan alternatif 1 lebih besar mereduksi debit banjir dibandingkan alternatif 2, pembuatan kolam retensi juga mudah dilaksanakan karena lokasi pembuatannya di lahan kosong sehingga tidak mengganggu permukiman masyarakat. Meskipun secara finansial alternatif 1 lebih mahal dari alternatif 2 tetapi kekurangan tersebut bisa diminimalisir dengan berkurangnya kerugian akibat dampak banjir.

5.2 Saran

Adapun saran yang perlu diberikan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Alternatif – alternatif yang dipakai dalam penelitian ini masih bersifat rencana atau asumsi sehingga untuk penerapannya perlu dilakukan kajian seperti studi kelayakan, SID (*Survey Investigasi Designn*) dan DED (*Detailed Engineering Design*).
2. Pada alternatif – alternatif dalam upaya pengurangan potensi banjir dalam kajian ini, pengambilan data primer dan data sekunder berdasarkan data terakhir 2016 yang diperoleh dari Kabupaten Sampang sehingga apabila kajian ini digunakan sebagai acuan untuk rencana upaya pengendalian banjir di Kabupaten Sampang maka perlu updating data menyesuaikan data terbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., S. Abujamin, dan Suwardjo. 1982. Beberapa cara konservasi tanah pada areal pertanian rakyat. Disampaikan pada Pertemuan Tahunan Perbaikan Rekomendasi Teknologi tgl. 13 – 15 April. Pusat Penelitian Tanah, Bogor (Tidak Dipublikasikan).
- Abdulla Fayes A., AW Al-Shareef. 2009. Roof rainwater harvesting system for household water supply in Jordan.
- Agus, F., E. Surmaini, dan N. Sutrisno. 2002. Teknologi hemat air dan irigasi suplemen. hlm. 239 – 264 dalam Abdurachman et al. (Eds.). Teknologi Pengelolaan Lahan Kering. Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Asdak, Chay. 2002, *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*, Presentasi Workshop Agroforestry 2004, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Arsyad, S. 2006. *Konservasi Tanah dan Air*. Penerbit Institut Pertanian Bogor Press. Bogor.
- Bachtiar, Shafur. 2008. *Studi Penggunaan Sumur Resapan Untuk Mengurangi Masalah Genangan di DPS Amprong Kecamatan Kedungkandang Kota Malang*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang : Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Chow, Ven Te. 1992. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Harto, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama
- Kartasapoetra. G., A. G. Kartasapoetra., dan M. M. Sutedjo, 1985. *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. PT Bina Aksara. Jakarta.
- Kodatie, R.J. 2003, *Rekayasa dan Manajemen Banjir Perkotaan*.

- Mahzum M.M. 2015. Analisa Ketersediaan Sumber Daya Air Dan Upaya Konservasi Sub DAS Brantas Hulu Wilayah Kota Batu.
- Mega, M.I, Dibia, N.I, Adi, R dan Kusmiyarti, B.T 2010, Klasifikasi Tanah dan Kesesuaian Lahan, Buku Ajar : Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Udayana, Denpasar.
- Noeralam, A. 2002. Teknik Pemanenan Air yang Efektif dalam Pengelolaan Lugas Tanah Pada Usaha Tani Lahan Kering. Desertasi. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2014, *Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*, Meteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia
- S. Dede. 2014. Kajian Dampak Perubahan Lahan Terhadap Debit Aliran DAS Cijung, IPB Bogor.
- Seloliman. 1997. *Agroforestry for Upland Husbandry : a Farmers' Friendly*. Presentasi Workshop Agroforestry 2004, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Soemarto, C.D. 1999. *Hidrologi Teknik*. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Penerbit Nova, Bandung
- Sosrodarsono, S. dan K, Takeda. 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Editor: Sosrodarsono, S. Jakarta. Penerbit PT. Pradnya Paramita
- Subarkah, Imam. 1978. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Penerbit Idea Dharma, Bandung.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Yang Berkelanjutan*. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta

- Syamsiah, I., P. Wardana, Z. Arifin, A. M. Fagi. 1994. Embung Kolam Penampung Air Serbaguna. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Tala'ohu, S. H. 1998. Teknik Pemanenan Air (Leaflet). Kelompok Kerja Penelitian dan Pengembangan. Sekretariat Tim Pengendali Bantuan Penghijauan dan Reboisasi Pusat.
- Tiatmodjo, Bambang. 2003. *Hidraulika II*. Penerbit Beta Offset, Yogyakarta
- Troeh, F. R., J. A. Hobs, and R. L. Donahoe. 1991. Soil and Water Conservation. Prentice Hall, Inc. A Division of Simon & Schuster. Enggewood Cliffs, New Jersey.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2014. Konservasi Tanah dan Air.
- Wahyunto, M.Z. Abidin, A. Priyono, dan Sunaryo. 2001. Studi Perubahan Penggunaan Lahan Di Sub DAS Citarik, Jawa Barat dan DAS Kaligarang, Jawa Tengah. Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Lahan Sawah. Balai Penelitian Tanah Bogor.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

LAMPIRAN

Tabel Faktor Sifat Distribusi *Log Person Tipe III* Dengan Cs Positif

Cs	Kala Ulang										
	1.010	1.052	1.111	1.25	2	5	10	25	50	100	200
	Kemungkinan Terjadinya (%)										
	99.00	95.00	90.00	80.00	50.00	20.00	10.00	4.00	2.00	1.00	0.50
0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.2	-2.175	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.8	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
1.1	-1.518	-1.280	-1.107	-0.848	-0.180	0.745	1.341	2.006	2.585	3.087	3.575
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.3	-1.388	-1.206	-1.064	-0.838	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.4	-1.318	-1.163	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.5	-1.256	-1.131	-1.018	-0.825	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.7	-1.140	-1.056	-0.970	-0.808	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.9	-1.037	-0.984	-0.920	-0.788	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
2.1	-0.946	-0.914	-0.869	-0.765	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.454
2.3	-0.867	-0.850	-0.819	-0.739	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.4	-0.832	-0.819	-0.795	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2.6	-0.769	-0.762	-0.747	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.7	-0.740	-0.736	-0.720	-0.681	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.097	3.932	4.783
2.8	-0.714	-0.711	-0.702	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.9	-0.690	-0.688	-0.681	-0.651	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970

Sumber: Soemarto, 1999

Tabel Faktor Sifat Distribusi *Log Person Tipe III* Dengan Cs Negatif

Cs	Kala Ulang										
	1.010	1.052	1.111	1.25	2	5	10	25	50	100	200
	Kemungkinan Terjadinya (%)										
	99.00	95.00	90.00	80.00	50.00	20.00	10.00	4.00	2.00	1.00	0.50
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-0.1	-2.400	-1.673	-1.292	-0.836	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482
-0.2	-2.472	-1.700	-1.301	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.3	-2.544	-1.726	-1.309	-0.824	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294
-0.4	-2.615	-1.750	-1.317	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.5	-2.686	-1.774	-1.323	-0.808	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
-0.6	-2.755	-1.797	-1.328	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.7	-2.824	-1.819	-1.333	-0.790	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.8	-2.891	-1.839	-1.336	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	-2.957	-1.858	-1.339	-0.769	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
-1.0	-3.022	-1.877	-1.340	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.1	-3.087	-1.894	-1.341	-0.745	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
-1.2	-3.149	-1.190	-1.340	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	-3.211	-1.925	-1.339	-0.719	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
-1.4	-3.271	-1.938	-1.337	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.5	-3.330	-1.951	-1.333	-0.690	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.318	1.351
-1.6	-3.388	-1.962	-1.329	-0.875	0.245	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.7	-3.444	-1.972	-1.324	-0.660	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155
-1.8	-3.499	-1.981	-1.318	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-1.9	-3.553	-1.989	-1.310	-0.627	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044
-2.0	-3.605	-1.996	-1.302	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995
-2.1	-3.656	-2.001	-1.294	-0.592	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949
-2.2	-3.705	-2.006	-1.284	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.3	-3.753	-2.009	-1.274	-0.555	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869
-2.4	-3.800	-2.011	-1.262	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.5	-3.845	-2.012	-1.290	-0.518	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800
-2.6	-3.889	-2.013	-1.233	-0.499	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.7	-3.932	-2.012	-1.224	-0.479	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741
-2.8	-3.973	-2.010	-1.210	-0.460	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.9	-4.013	-2.007	-1.195	-0.440	0.330	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690
-3.0	-4.051	-2.003	-1.180	-0.420	0.390	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667

Sumber: Soemarto, 1999

Tabel Nilai Kritis o Untuk Uji Smirnov Kolmogorof

N				
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$1,07/(N^{0,5})$	$1,22/(N^{0,5})$	$1,36/(N^{0,5})$	$1,63/(N^{0,5})$

Tabel Nilai Kritis Untuk Distribusi Chi Square

dk	derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319

dk	derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Tabel Perhitungan Hujan Efektif Berbagai Kala Ulang

Jam	Nisbah hujan jam-jaman (%)	Hujan Efektif Tiap Jam Dengan Kala Ulang					
		2 th	5 th	10 th	25 th	50 th	100 th
0,50	0,50	14,424	17,791	19,909	22,487	24,351	26,183
1,00	0,13	3,749	4,624	5,175	5,845	6,329	6,806
1,50	0,09	2,630	3,244	3,630	4,100	4,440	4,774
2,00	0,07	2,094	2,582	2,890	3,264	3,535	3,801
2,50	0,06	1,768	2,181	2,440	2,756	2,985	3,209
3,00	0,05	1,545	1,906	2,133	2,409	2,609	2,805
3,50	0,05	1,382	1,705	1,907	2,155	2,333	2,509
4,00	0,04	1,256	1,549	1,733	1,958	2,120	2,280
Hujan Rancangan (mm)		67,815	83,648	93,603	105,726	114,490	123,104
Koefisien Limpasan		0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425
Hujan Efektif (mm)		28,847	35,583	39,818	44,975	48,703	52,367

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu DAS
Kali Kamoning dengan Kala Ulang 2 Tahun**

Luas DAS = 343,23 km²

Panjang sungai utama = 58,10 km
= 3,00

R_{2 th} = 67,81 mm

R_{efektif} = 28,85 mm

Q max = 171,39 m³/dt

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		14.42	3.75	2.63	2.09	1.77	1.55	1.38	1.26	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
0.00	0.00	-								0.00
0.50	0.01	0.20	-							0.20
1.00	0.07	1.04	0.05	-						1.09
1.50	0.19	2.75	0.27	0.04	-					3.06
2.00	0.38	5.49	0.72	0.19	0.03	-				6.43
2.50	0.65	9.38	1.43	0.50	0.15	0.02	-			11.49
3.00	1.01	14.53	2.44	1.00	0.40	0.13	0.02	-		18.52
3.50	1.46	21.04	3.78	1.71	0.80	0.34	0.11	0.02	-	27.79
4.00	2.01	28.98	5.47	2.65	1.36	0.67	0.29	0.10	0.02	39.55
4.50	2.67	38.45	7.53	3.84	2.11	1.15	0.59	0.26	0.09	54.02
5.00	3.43	49.52	9.99	5.28	3.05	1.78	1.01	0.53	0.24	71.40
5.50	4.32	62.24	12.87	7.01	4.21	2.58	1.56	0.90	0.48	91.85
6.00	5.32	76.70	16.18	9.03	5.58	3.55	2.25	1.39	0.82	115.50
6.50	6.44	92.94	19.94	11.35	7.19	4.71	3.11	2.02	1.27	142.51
7.00	6.98	100.72	24.16	13.98	9.03	6.07	4.12	2.78	1.83	162.70
7.50	6.62	95.50	26.18	16.95	11.13	7.63	5.31	3.68	2.52	168.90
8.00	6.28	90.55	24.82	18.36	13.49	9.40	6.67	4.74	3.35	171.39
8.50	5.95	85.86	23.54	17.41	14.62	11.39	8.22	5.96	4.31	171.31
9.00	5.64	81.41	22.32	16.51	13.86	12.35	9.96	7.35	5.42	169.17
9.50	5.35	77.19	21.16	15.65	13.14	11.71	10.79	8.90	6.68	165.23
10.00	5.07	73.19	20.06	14.84	12.46	11.10	10.23	9.65	8.09	159.63
10.50	4.81	69.39	19.02	14.07	11.82	10.52	9.70	9.15	8.77	152.45
11.00	4.56	65.80	18.04	13.34	11.20	9.98	9.20	8.68	8.32	144.55
11.50	4.33	62.38	17.10	12.65	10.62	9.46	8.72	8.23	7.88	137.06
12.00	4.10	59.15	16.22	12.00	10.07	8.97	8.27	7.80	7.48	129.95
12.50	3.89	56.08	15.37	11.37	9.55	8.51	7.84	7.40	7.09	123.21
13.00	3.69	53.18	14.58	10.78	9.06	8.06	7.44	7.01	6.72	116.83
13.50	3.50	50.42	13.82	10.23	8.59	7.65	7.05	6.65	6.37	110.77
14.00	3.31	47.81	13.11	9.70	8.14	7.25	6.68	6.30	6.04	105.03

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		14.42	3.75	2.63	2.09	1.77	1.55	1.38	1.26	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
14.50	3.14	45.33	12.43	9.19	7.72	6.87	6.34	5.98	5.73	99.59
15.00	2.98	42.98	11.78	8.72	7.32	6.52	6.01	5.67	5.43	94.42
15.50	2.83	40.75	11.17	8.26	6.94	6.18	5.70	5.37	5.15	89.53
16.00	2.68	38.64	10.59	7.84	6.58	5.86	5.40	5.09	4.88	84.89
16.50	2.54	36.64	10.04	7.43	6.24	5.56	5.12	4.83	4.63	80.49
17.00	2.41	34.74	9.52	7.04	5.92	5.27	4.86	4.58	4.39	76.32
17.50	2.28	32.94	9.03	6.68	5.61	5.00	4.61	4.34	4.16	72.36
18.00	2.17	31.23	8.56	6.33	5.32	4.74	4.37	4.12	3.95	68.61
18.50	2.08	30.04	8.12	6.01	5.04	4.49	4.14	3.90	3.74	65.48
19.00	2.01	28.99	7.81	5.69	4.78	4.26	3.93	3.70	3.55	62.71
19.50	1.94	27.98	7.54	5.48	4.53	4.04	3.72	3.51	3.36	60.16
20.00	1.87	27.01	7.27	5.29	4.36	3.83	3.53	3.33	3.19	57.80
20.50	1.81	26.06	7.02	5.10	4.21	3.68	3.35	3.16	3.02	55.60
21.00	1.74	25.16	6.77	4.92	4.06	3.55	3.22	2.99	2.87	53.55
21.50	1.68	24.28	6.54	4.75	3.92	3.43	3.11	2.88	2.72	51.62
22.00	1.62	23.43	6.31	4.59	3.78	3.31	3.00	2.78	2.62	49.81
22.50	1.57	22.61	6.09	4.43	3.65	3.19	2.89	2.68	2.52	48.08
23.00	1.51	21.83	5.88	4.27	3.52	3.08	2.79	2.59	2.44	46.40
23.50	1.46	21.07	5.67	4.12	3.40	2.98	2.70	2.50	2.35	44.78
24.00	1.41	20.33	5.48	3.98	3.28	2.87	2.60	2.41	2.27	43.22
24.50	1.36	19.62	5.28	3.84	3.17	2.77	2.51	2.33	2.19	41.71
25.00	1.31	18.94	5.10	3.71	3.06	2.68	2.42	2.24	2.11	40.26
25.50	1.27	18.28	4.92	3.58	2.95	2.58	2.34	2.17	2.04	38.86
26.00	1.22	17.64	4.75	3.45	2.85	2.49	2.26	2.09	1.97	37.50
26.50	1.18	17.03	4.59	3.33	2.75	2.41	2.18	2.02	1.90	36.19
27.00	1.14	16.43	4.43	3.22	2.65	2.32	2.10	1.95	1.83	34.93
27.50	1.10	15.86	4.27	3.10	2.56	2.24	2.03	1.88	1.77	33.71
28.00	1.06	15.31	4.12	3.00	2.47	2.16	1.96	1.81	1.71	32.54
28.50	1.02	14.77	3.98	2.89	2.39	2.09	1.89	1.75	1.65	31.40
29.00	0.99	14.26	3.84	2.79	2.30	2.01	1.82	1.69	1.59	30.31
29.50	0.95	13.76	3.71	2.69	2.22	1.94	1.76	1.63	1.54	29.25
30.00	0.92	13.28	3.58	2.60	2.14	1.88	1.70	1.57	1.48	28.23
30.50	0.89	12.82	3.45	2.51	2.07	1.81	1.64	1.52	1.43	27.25
31.00	0.86	12.37	3.33	2.42	2.00	1.75	1.58	1.47	1.38	26.30
31.50	0.83	11.94	3.22	2.34	1.93	1.69	1.53	1.42	1.33	25.38
32.00	0.80	11.52	3.10	2.26	1.86	1.63	1.47	1.37	1.29	24.50
32.50	0.77	11.12	3.00	2.18	1.80	1.57	1.42	1.32	1.24	23.64
33.00	0.74	10.73	2.89	2.10	1.73	1.52	1.37	1.27	1.20	22.82
33.50	0.72	10.36	2.79	2.03	1.67	1.46	1.33	1.23	1.16	22.02
34.00	0.69	10.00	2.69	1.96	1.61	1.41	1.28	1.19	1.12	21.26
34.50	0.67	9.65	2.60	1.89	1.56	1.36	1.23	1.14	1.08	20.51

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		14.42	3.75	2.63	2.09	1.77	1.55	1.38	1.26	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
35.00	0.65	9.31	2.51	1.82	1.50	1.32	1.19	1.10	1.04	19.80
35.50	0.63	9.06	2.42	1.76	1.45	1.27	1.15	1.07	1.00	19.18
36.00	0.61	8.82	2.35	1.70	1.40	1.23	1.11	1.03	0.97	18.61
36.50	0.60	8.59	2.29	1.65	1.35	1.18	1.07	0.99	0.93	18.07
37.00	0.58	8.36	2.23	1.61	1.31	1.14	1.03	0.96	0.90	17.56
37.50	0.56	8.14	2.17	1.57	1.28	1.11	1.00	0.92	0.87	17.07
38.00	0.55	7.93	2.12	1.53	1.25	1.08	0.97	0.89	0.84	16.60
38.50	0.54	7.72	2.06	1.48	1.21	1.05	0.95	0.87	0.81	16.16
39.00	0.52	7.52	2.01	1.45	1.18	1.03	0.92	0.85	0.79	15.73
39.50	0.51	7.32	1.95	1.41	1.15	1.00	0.90	0.82	0.77	15.32
40.00	0.49	7.13	1.90	1.37	1.12	0.97	0.87	0.80	0.75	14.92
40.50	0.48	6.94	1.85	1.33	1.09	0.95	0.85	0.78	0.73	14.53
41.00	0.47	6.76	1.80	1.30	1.06	0.92	0.83	0.76	0.71	14.15
41.50	0.46	6.58	1.76	1.27	1.03	0.90	0.81	0.74	0.69	13.77
42.00	0.44	6.41	1.71	1.23	1.01	0.87	0.78	0.72	0.67	13.41
42.50	0.43	6.24	1.67	1.20	0.98	0.85	0.76	0.70	0.65	13.06
43.00	0.42	6.08	1.62	1.17	0.96	0.83	0.74	0.68	0.64	12.72
43.50	0.41	5.92	1.58	1.14	0.93	0.81	0.72	0.67	0.62	12.38
44.00	0.40	5.76	1.54	1.11	0.91	0.79	0.71	0.65	0.60	12.06
44.50	0.39	5.61	1.50	1.08	0.88	0.77	0.69	0.63	0.59	11.74
45.00	0.38	5.46	1.46	1.05	0.86	0.74	0.67	0.61	0.57	11.43
45.50	0.37	5.32	1.42	1.02	0.84	0.73	0.65	0.60	0.56	11.13
46.00	0.36	5.18	1.38	1.00	0.81	0.71	0.63	0.58	0.54	10.84
46.50	0.35	5.04	1.35	0.97	0.79	0.69	0.62	0.57	0.53	10.56
47.00	0.34	4.91	1.31	0.94	0.77	0.67	0.60	0.55	0.52	10.28
47.50	0.33	4.78	1.28	0.92	0.75	0.65	0.59	0.54	0.50	10.01
48.00	0.32	4.66	1.24	0.90	0.73	0.63	0.57	0.52	0.49	9.75
48.50	0.31	4.53	1.21	0.87	0.71	0.62	0.56	0.51	0.48	9.49
49.00	0.31	4.42	1.18	0.85	0.69	0.60	0.54	0.50	0.46	9.24
49.50	0.30	4.30	1.15	0.83	0.68	0.59	0.53	0.48	0.45	9.00
50.00	0.29	4.19	1.12	0.81	0.66	0.57	0.51	0.47	0.44	8.76
50.50	0.28	4.08	1.09	0.78	0.64	0.56	0.50	0.46	0.43	8.53
51.00	0.28	3.97	1.06	0.76	0.62	0.54	0.49	0.45	0.42	8.31
51.50	0.27	3.87	1.03	0.74	0.61	0.53	0.47	0.43	0.41	8.09
52.00	0.26	3.76	1.00	0.72	0.59	0.51	0.46	0.42	0.39	7.88
52.50	0.25	3.67	0.98	0.70	0.58	0.50	0.45	0.41	0.38	7.67
53.00	0.25	3.57	0.95	0.69	0.56	0.49	0.44	0.40	0.37	7.47
53.50	0.24	3.48	0.93	0.67	0.55	0.47	0.43	0.39	0.36	7.27
54.00	0.23	3.38	0.90	0.65	0.53	0.46	0.41	0.38	0.35	7.08
54.50	0.23	3.30	0.88	0.63	0.52	0.45	0.40	0.37	0.35	6.89
55.00	0.22	3.21	0.86	0.62	0.50	0.44	0.39	0.36	0.34	6.71

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		14.42	3.75	2.63	2.09	1.77	1.55	1.38	1.26	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
55.50	0.22	3.12	0.83	0.60	0.49	0.43	0.38	0.35	0.33	6.54
56.00	0.21	3.04	0.81	0.59	0.48	0.41	0.37	0.34	0.32	6.37
56.50	0.21	2.96	0.79	0.57	0.47	0.40	0.36	0.33	0.31	6.20
57.00	0.20	2.88	0.77	0.55	0.45	0.39	0.35	0.32	0.30	6.04
57.50	0.19	2.81	0.75	0.54	0.44	0.38	0.34	0.32	0.29	5.88
58.00	0.19	2.74	0.73	0.53	0.43	0.37	0.33	0.31	0.29	5.72
58.50	0.18	2.66	0.71	0.51	0.42	0.36	0.33	0.30	0.28	5.57
59.00	0.18	2.59	0.69	0.50	0.41	0.35	0.32	0.29	0.27	5.43
59.50	0.18	2.53	0.67	0.49	0.40	0.34	0.31	0.28	0.26	5.28
60.00	0.17	2.46	0.66	0.47	0.39	0.34	0.30	0.28	0.26	5.15

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu DAS Kali Kamoning dengan Kala Ulang 5 Tahun

Luas DAS = 343,23 km²

Panjang sungai utama = 58,10 km
= 3,00

R_{5 th} = 83,65 mm

R_{efektif} = 35,58 mm

Q max = 211,41 m³/dt

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		17.79	4.62	3.24	2.58	2.18	1.91	1.70	1.55	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.5	0.01	0.24	-	-	-	-	-	-	-	0.24
1.0	0.07	1.28	0.06	-	-	-	-	-	-	1.35
1.5	0.19	3.40	0.33	0.04	-	-	-	-	-	3.77
2.0	0.38	6.77	0.88	0.23	0.04	-	-	-	-	7.93
2.5	0.65	11.57	1.76	0.62	0.19	0.03	-	-	-	14.17
3.0	1.01	17.92	3.01	1.24	0.49	0.16	0.03	-	-	22.84
3.5	1.46	25.95	4.66	2.11	0.98	0.42	0.14	0.02	-	34.28
4.0	2.01	35.75	6.74	3.27	1.68	0.83	0.36	0.12	0.02	48.78
4.5	2.67	47.43	9.29	4.73	2.60	1.42	0.73	0.33	0.11	66.64
5.0	3.43	61.08	12.33	6.52	3.77	2.20	1.24	0.65	0.30	88.07
5.5	4.32	76.78	15.88	8.65	5.19	3.18	1.92	1.11	0.59	113.29
6.0	5.32	94.61	19.96	11.14	6.88	4.38	2.78	1.72	1.01	142.47
6.5	6.44	114.64	24.59	14.00	8.87	5.81	3.83	2.49	1.56	175.79
7.0	6.98	124.24	29.80	17.25	11.14	7.49	5.08	3.43	2.26	200.69
7.5	6.62	117.80	32.29	20.90	13.73	9.41	6.54	4.54	3.11	208.34

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Qbanjir
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		17.79	4.62	3.24	2.58	2.18	1.91	1.70	1.55	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
8.0	6.28	111.69	30.62	22.65	16.64	11.60	8.23	5.85	4.13	211.41
8.5	5.95	105.90	29.03	21.48	18.03	14.05	10.14	7.36	5.32	211.31
9.0	5.64	100.41	27.53	20.37	17.10	15.23	12.28	9.06	6.68	208.67
9.5	5.35	95.21	26.10	19.31	16.21	14.44	13.31	10.98	8.24	203.80
10.0	5.07	90.27	24.75	18.31	15.37	13.69	12.62	11.90	9.98	196.90
10.5	4.81	85.59	23.46	17.36	14.58	12.98	11.97	11.29	10.82	188.05
11.0	4.56	81.16	22.25	16.46	13.82	12.31	11.35	10.70	10.26	178.30
11.5	4.33	76.95	21.09	15.61	13.10	11.67	10.76	10.15	9.73	169.06
12.0	4.10	72.96	20.00	14.80	12.42	11.07	10.20	9.62	9.22	160.29
12.5	3.89	69.18	18.96	14.03	11.78	10.49	9.67	9.12	8.74	151.98
13.0	3.69	65.59	17.98	13.30	11.17	9.95	9.17	8.65	8.29	144.11
13.5	3.50	62.19	17.05	12.61	10.59	9.43	8.70	8.20	7.86	136.64
14.0	3.31	58.97	16.17	11.96	10.04	8.94	8.24	7.78	7.45	129.55
14.5	3.14	55.91	15.33	11.34	9.52	8.48	7.82	7.37	7.07	122.84
15.0	2.98	53.01	14.53	10.75	9.03	8.04	7.41	6.99	6.70	116.47
15.5	2.83	50.27	13.78	10.19	8.56	7.62	7.03	6.63	6.35	110.43
16.0	2.68	47.66	13.07	9.67	8.12	7.23	6.66	6.28	6.02	104.71
16.5	2.54	45.19	12.39	9.16	7.70	6.85	6.32	5.96	5.71	99.28
17.0	2.41	42.85	11.75	8.69	7.30	6.50	5.99	5.65	5.42	94.13
17.5	2.28	40.63	11.14	8.24	6.92	6.16	5.68	5.36	5.13	89.25
18.0	2.17	38.52	10.56	7.81	6.56	5.84	5.39	5.08	4.87	84.63
18.5	2.08	37.05	10.01	7.41	6.22	5.54	5.11	4.82	4.62	80.77
19.0	2.01	35.76	9.63	7.02	5.90	5.25	4.84	4.57	4.38	77.35
19.5	1.94	34.51	9.29	6.76	5.59	4.98	4.59	4.33	4.15	74.21
20.0	1.87	33.31	8.97	6.52	5.38	4.72	4.35	4.11	3.93	71.29
20.5	1.81	32.15	8.66	6.29	5.19	4.54	4.13	3.89	3.73	68.58
21.0	1.74	31.03	8.36	6.07	5.01	4.38	3.97	3.69	3.54	66.05
21.5	1.68	29.95	8.06	5.86	4.84	4.23	3.83	3.55	3.35	63.67
22.0	1.62	28.90	7.78	5.66	4.67	4.08	3.70	3.43	3.23	61.44
22.5	1.57	27.89	7.51	5.46	4.50	3.94	3.57	3.31	3.11	59.30
23.0	1.51	26.92	7.25	5.27	4.35	3.80	3.44	3.19	3.01	57.23
23.5	1.46	25.98	7.00	5.09	4.20	3.67	3.32	3.08	2.90	55.24
24.0	1.41	25.08	6.75	4.91	4.05	3.54	3.21	2.97	2.80	53.31
24.5	1.36	24.20	6.52	4.74	3.91	3.42	3.10	2.87	2.70	51.45
25.0	1.31	23.36	6.29	4.57	3.77	3.30	2.99	2.77	2.61	49.66
25.5	1.27	22.55	6.07	4.41	3.64	3.18	2.88	2.67	2.52	47.93
26.0	1.22	21.76	5.86	4.26	3.51	3.07	2.78	2.58	2.43	46.26
26.5	1.18	21.00	5.66	4.11	3.39	2.97	2.69	2.49	2.34	44.65
27.0	1.14	20.27	5.46	3.97	3.27	2.86	2.59	2.40	2.26	43.09
27.5	1.10	19.56	5.27	3.83	3.16	2.76	2.50	2.32	2.18	41.59
28.0	1.06	18.88	5.08	3.70	3.05	2.67	2.42	2.24	2.11	40.14
28.5	1.02	18.22	4.91	3.57	2.94	2.57	2.33	2.16	2.03	38.74
29.0	0.99	17.59	4.74	3.44	2.84	2.48	2.25	2.08	1.96	37.39
29.5	0.95	16.97	4.57	3.32	2.74	2.40	2.17	2.01	1.89	36.08
30.0	0.92	16.38	4.41	3.21	2.64	2.31	2.10	1.94	1.83	34.83
30.5	0.89	15.81	4.26	3.09	2.55	2.23	2.02	1.87	1.76	33.61
31.0	0.86	15.26	4.11	2.99	2.46	2.16	1.95	1.81	1.70	32.44
31.5	0.83	14.73	3.97	2.88	2.38	2.08	1.88	1.75	1.64	31.31
32.0	0.80	14.21	3.83	2.78	2.29	2.01	1.82	1.68	1.59	30.22
32.5	0.77	13.72	3.69	2.69	2.21	1.94	1.76	1.63	1.53	29.16
33.0	0.74	13.24	3.57	2.59	2.14	1.87	1.69	1.57	1.48	28.15
33.5	0.72	12.78	3.44	2.50	2.06	1.81	1.63	1.51	1.43	27.17
34.0	0.69	12.33	3.32	2.41	1.99	1.74	1.58	1.46	1.38	26.22
34.5	0.67	11.90	3.21	2.33	1.92	1.68	1.52	1.41	1.33	25.30
35.0	0.65	11.49	3.09	2.25	1.85	1.62	1.47	1.36	1.28	24.42
35.5	0.63	11.17	2.99	2.17	1.79	1.57	1.42	1.31	1.24	23.66
36.0	0.61	10.88	2.90	2.09	1.73	1.51	1.37	1.27	1.19	22.95
36.5	0.60	10.60	2.83	2.04	1.67	1.46	1.32	1.22	1.15	22.29
37.0	0.58	10.32	2.75	1.98	1.62	1.41	1.28	1.18	1.11	21.65
37.5	0.56	10.05	2.68	1.93	1.58	1.37	1.23	1.14	1.07	21.05
38.0	0.55	9.78	2.61	1.88	1.54	1.33	1.20	1.10	1.04	20.48
38.5	0.54	9.53	2.54	1.83	1.50	1.30	1.17	1.07	1.00	19.93
39.0	0.52	9.28	2.48	1.78	1.46	1.26	1.14	1.04	0.97	19.41
39.5	0.51	9.03	2.41	1.74	1.42	1.23	1.11	1.02	0.95	18.90

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		17.79	4.62	3.24	2.58	2.18	1.91	1.70	1.55	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
40.0	0.49	8.79	2.35	1.69	1.38	1.20	1.08	0.99	0.92	18.40
40.5	0.48	8.56	2.29	1.65	1.35	1.17	1.05	0.96	0.90	17.92
41.0	0.47	8.34	2.23	1.60	1.31	1.14	1.02	0.94	0.87	17.45
41.5	0.46	8.12	2.17	1.56	1.28	1.11	0.99	0.91	0.85	16.99
42.0	0.44	7.91	2.11	1.52	1.24	1.08	0.97	0.89	0.83	16.54
42.5	0.43	7.70	2.05	1.48	1.21	1.05	0.94	0.87	0.81	16.11
43.0	0.42	7.50	2.00	1.44	1.18	1.02	0.92	0.84	0.79	15.69
43.5	0.41	7.30	1.95	1.40	1.15	1.00	0.89	0.82	0.77	15.27
44.0	0.40	7.11	1.90	1.37	1.12	0.97	0.87	0.80	0.75	14.87
44.5	0.39	6.92	1.85	1.33	1.09	0.94	0.85	0.78	0.73	14.48
45.0	0.38	6.74	1.80	1.30	1.06	0.92	0.82	0.76	0.71	14.10
45.5	0.37	6.56	1.75	1.26	1.03	0.89	0.80	0.74	0.69	13.73
46.0	0.36	6.39	1.71	1.23	1.00	0.87	0.78	0.72	0.67	13.37
46.5	0.35	6.22	1.66	1.20	0.98	0.85	0.76	0.70	0.65	13.02
47.0	0.34	6.06	1.62	1.17	0.95	0.83	0.74	0.68	0.64	12.68
47.5	0.33	5.90	1.57	1.13	0.93	0.80	0.72	0.66	0.62	12.34
48.0	0.32	5.74	1.53	1.10	0.90	0.78	0.70	0.65	0.60	12.02
48.5	0.31	5.59	1.49	1.08	0.88	0.76	0.68	0.63	0.59	11.70
49.0	0.31	5.45	1.45	1.05	0.86	0.74	0.67	0.61	0.57	11.40
49.5	0.30	5.30	1.42	1.02	0.83	0.72	0.65	0.60	0.56	11.10
50.0	0.29	5.16	1.38	0.99	0.81	0.70	0.63	0.58	0.54	10.81
50.5	0.28	5.03	1.34	0.97	0.79	0.69	0.62	0.57	0.53	10.52
51.0	0.28	4.90	1.31	0.94	0.77	0.67	0.60	0.55	0.51	10.25
51.5	0.27	4.77	1.27	0.92	0.75	0.65	0.58	0.54	0.50	9.98
52.0	0.26	4.64	1.24	0.89	0.73	0.63	0.57	0.52	0.49	9.72
52.5	0.25	4.52	1.21	0.87	0.71	0.62	0.55	0.51	0.47	9.46
53.0	0.25	4.40	1.18	0.85	0.69	0.60	0.54	0.49	0.46	9.21
53.5	0.24	4.29	1.14	0.82	0.67	0.58	0.52	0.48	0.45	8.97
54.0	0.23	4.17	1.11	0.80	0.66	0.57	0.51	0.47	0.44	8.73
54.5	0.23	4.06	1.08	0.78	0.64	0.55	0.50	0.46	0.43	8.50
55.0	0.22	3.96	1.06	0.76	0.62	0.54	0.48	0.44	0.42	8.28
55.5	0.22	3.85	1.03	0.74	0.61	0.53	0.47	0.43	0.40	8.06
56.0	0.21	3.75	1.00	0.72	0.59	0.51	0.46	0.42	0.39	7.85
56.5	0.21	3.65	0.98	0.70	0.57	0.50	0.45	0.41	0.38	7.65
57.0	0.20	3.56	0.95	0.68	0.56	0.49	0.44	0.40	0.37	7.45
57.5	0.19	3.46	0.92	0.67	0.54	0.47	0.42	0.39	0.36	7.25
58.0	0.19	3.37	0.90	0.65	0.53	0.46	0.41	0.38	0.35	7.06
58.5	0.18	3.29	0.88	0.63	0.52	0.45	0.40	0.37	0.34	6.87
59.0	0.18	3.20	0.85	0.62	0.50	0.44	0.39	0.36	0.34	6.69
59.5	0.18	3.11	0.83	0.60	0.49	0.42	0.38	0.35	0.33	6.52
60.0	0.17	3.03	0.81	0.58	0.48	0.41	0.37	0.34	0.32	6.35

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu DAS Kali Kamoning dengan Kala Ulang 10 Tahun

Luas DAS = 343,23 km²

Panjang sungai utama = 58,10 km
= 3,00

R_{10 th} = 93.60 mm

R_{efektif} = 39.82 mm

Q_{max} = 236.57 m³/dt

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Qbanjir
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		19.91	5.17	3.63	2.89	2.44	2.13	1.91	1.73	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
0.00	-	-								-
0.50	0.014	0.27	-		-					0.27
1.00	0.072	1.44	0.07	-			-			1.51
1.50	0.191	3.80	0.37	0.05	-					4.22
2.00	0.381	7.58	0.99	0.26	0.04	-				8.87
2.50	0.650	12.95	1.97	0.69	0.21	0.03	-			15.85
3.00	1.007	20.06	3.37	1.38	0.55	0.18	0.03	-		25.56
3.50	1.459	29.04	5.21	2.36	1.10	0.47	0.15	0.03	-	38.36
4.00	2.010	40.01	7.55	3.66	1.88	0.93	0.41	0.14	0.02	54.59
4.50	2.666	53.08	10.40	5.29	2.91	1.59	0.81	0.36	0.13	74.57
5.00	3.433	68.35	13.80	7.29	4.21	2.46	1.39	0.73	0.33	98.56
5.50	4.315	85.91	17.76	9.68	5.81	3.56	2.15	1.24	0.66	126.77
6.00	5.318	105.87	22.33	12.46	7.70	4.90	3.11	1.92	1.13	159.43
6.50	6.444	128.29	27.52	15.66	9.92	6.51	4.29	2.78	1.75	196.71
7.00	6.983	139.03	33.34	19.30	12.47	8.38	5.69	3.83	2.53	224.57
7.50	6.621	131.82	36.14	23.39	15.37	10.53	7.32	5.09	3.48	233.14
8.00	6.278	124.99	34.26	25.35	18.62	12.98	9.21	6.55	4.62	236.57
8.50	5.953	118.51	32.49	24.03	20.18	15.72	11.34	8.23	5.95	236.46
9.00	5.644	112.37	30.80	22.79	19.13	17.04	13.75	10.14	7.48	233.50
9.50	5.351	106.54	29.21	21.61	18.14	16.16	14.90	12.29	9.22	228.06
10.00	5.074	101.02	27.69	20.49	17.20	15.32	14.12	13.32	11.17	220.33
10.50	4.811	95.78	26.26	19.43	16.31	14.53	13.39	12.63	12.10	210.43
11.00	4.562	90.82	24.90	18.42	15.46	13.77	12.70	11.98	11.48	199.52
11.50	4.325	86.11	23.61	17.46	14.66	13.06	12.04	11.35	10.88	189.18
12.00	4.101	81.65	22.38	16.56	13.90	12.38	11.42	10.77	10.32	179.37
12.50	3.888	77.41	21.22	15.70	13.18	11.74	10.82	10.21	9.78	170.07
13.00	3.687	73.40	20.12	14.89	12.50	11.13	10.26	9.68	9.28	161.26
13.50	3.496	69.60	19.08	14.11	11.85	10.55	9.73	9.18	8.80	152.90
14.00	3.314	65.99	18.09	13.38	11.24	10.01	9.23	8.70	8.34	144.97
14.50	3.143	62.57	17.15	12.69	10.65	9.49	8.75	8.25	7.91	137.46
15.00	2.980	59.32	16.26	12.03	10.10	9.00	8.29	7.82	7.50	130.33
15.50	2.825	56.25	15.42	11.41	9.58	8.53	7.86	7.42	7.11	123.57
16.00	2.679	53.33	14.62	10.82	9.08	8.09	7.46	7.03	6.74	117.17
16.50	2.540	50.57	13.86	10.26	8.61	7.67	7.07	6.67	6.39	111.10
17.00	2.408	47.95	13.14	9.72	8.16	7.27	6.70	6.32	6.06	105.34
17.50	2.283	45.46	12.46	9.22	7.74	6.89	6.36	5.99	5.75	99.88
18.00	2.165	43.10	11.82	8.74	7.34	6.54	6.03	5.68	5.45	94.70
18.50	2.083	41.46	11.20	8.29	6.96	6.20	5.71	5.39	5.17	90.38
19.00	2.010	40.02	10.78	7.86	6.60	5.88	5.42	5.11	4.90	86.55
19.50	1.940	38.62	10.40	7.56	6.26	5.57	5.14	4.84	4.64	83.04
20.00	1.872	37.27	10.04	7.30	6.02	5.28	4.87	4.59	4.40	79.78
20.50	1.807	35.98	9.69	7.04	5.81	5.08	4.62	4.36	4.17	76.75
21.00	1.744	34.72	9.35	6.80	5.61	4.91	4.44	4.13	3.96	73.91
21.50	1.683	33.51	9.02	6.56	5.41	4.73	4.29	3.97	3.75	71.25
22.00	1.625	32.34	8.71	6.33	5.22	4.57	4.14	3.83	3.61	68.76
22.50	1.568	31.21	8.41	6.11	5.04	4.41	3.99	3.70	3.48	66.36
23.00	1.513	30.13	8.11	5.90	4.86	4.26	3.85	3.57	3.36	64.05
23.50	1.460	29.08	7.83	5.69	4.69	4.11	3.72	3.45	3.25	61.81
24.00	1.410	28.06	7.56	5.49	4.53	3.96	3.59	3.33	3.13	59.66

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		19.91	5.17	3.63	2.89	2.44	2.13	1.91	1.73	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
24.50	1.360	27.08	7.29	5.30	4.37	3.83	3.47	3.21	3.02	57.58
25.00	1.313	26.14	7.04	5.12	4.22	3.69	3.34	3.10	2.92	55.57
25.50	1.267	25.23	6.79	4.94	4.07	3.56	3.23	2.99	2.82	53.63
26.00	1.223	24.35	6.56	4.77	3.93	3.44	3.12	2.89	2.72	51.76
26.50	1.180	23.50	6.33	4.60	3.79	3.32	3.01	2.79	2.62	49.96
27.00	1.139	22.68	6.11	4.44	3.66	3.20	2.90	2.69	2.53	48.22
27.50	1.100	21.89	5.90	4.28	3.53	3.09	2.80	2.59	2.44	46.54
28.00	1.061	21.13	5.69	4.14	3.41	2.98	2.70	2.50	2.36	44.91
28.50	1.024	20.39	5.49	3.99	3.29	2.88	2.61	2.42	2.28	43.35
29.00	0.988	19.68	5.30	3.85	3.18	2.78	2.52	2.33	2.20	41.84
29.50	0.954	18.99	5.12	3.72	3.07	2.68	2.43	2.25	2.12	40.38
30.00	0.921	18.33	4.94	3.59	2.96	2.59	2.35	2.17	2.05	38.97
30.50	0.889	17.69	4.76	3.46	2.86	2.50	2.26	2.10	1.97	37.61
31.00	0.858	17.08	4.60	3.34	2.76	2.41	2.18	2.02	1.91	36.30
31.50	0.828	16.48	4.44	3.23	2.66	2.33	2.11	1.95	1.84	35.03
32.00	0.799	15.91	4.28	3.11	2.57	2.25	2.04	1.89	1.78	33.81
32.50	0.771	15.35	4.13	3.00	2.48	2.17	1.96	1.82	1.71	32.63
33.00	0.744	14.82	3.99	2.90	2.39	2.09	1.90	1.76	1.65	31.50
33.50	0.718	14.30	3.85	2.80	2.31	2.02	1.83	1.70	1.60	30.40
34.00	0.693	13.80	3.72	2.70	2.23	1.95	1.77	1.64	1.54	29.34
34.50	0.669	13.32	3.59	2.61	2.15	1.88	1.70	1.58	1.49	28.32
35.00	0.646	12.86	3.46	2.52	2.08	1.82	1.64	1.52	1.43	27.33
35.50	0.628	12.50	3.34	2.43	2.00	1.75	1.59	1.47	1.38	26.47
36.00	0.612	12.18	3.25	2.34	1.93	1.69	1.53	1.42	1.34	25.68
36.50	0.596	11.86	3.16	2.28	1.87	1.63	1.48	1.37	1.29	24.94
37.00	0.580	11.54	3.08	2.22	1.82	1.58	1.43	1.32	1.25	24.23
37.50	0.565	11.24	3.00	2.16	1.77	1.53	1.38	1.28	1.20	23.56
38.00	0.550	10.95	2.92	2.10	1.72	1.49	1.34	1.23	1.16	22.92
38.50	0.535	10.66	2.85	2.05	1.68	1.45	1.30	1.20	1.12	22.30
39.00	0.521	10.38	2.77	2.00	1.63	1.42	1.27	1.17	1.09	21.72
39.50	0.508	10.11	2.70	1.94	1.59	1.38	1.24	1.14	1.06	21.15
40.00	0.494	9.84	2.63	1.89	1.55	1.34	1.20	1.11	1.03	20.59
40.50	0.481	9.58	2.56	1.84	1.51	1.31	1.17	1.08	1.01	20.05
41.00	0.469	9.33	2.49	1.79	1.47	1.27	1.14	1.05	0.98	19.52
41.50	0.456	9.09	2.43	1.75	1.43	1.24	1.11	1.02	0.95	19.01
42.00	0.444	8.85	2.36	1.70	1.39	1.21	1.08	0.99	0.93	18.51
42.50	0.433	8.61	2.30	1.66	1.35	1.17	1.05	0.97	0.90	18.03
43.00	0.421	8.39	2.24	1.61	1.32	1.14	1.03	0.94	0.88	17.55
43.50	0.410	8.17	2.18	1.57	1.28	1.11	1.00	0.92	0.86	17.09
44.00	0.400	7.95	2.12	1.53	1.25	1.08	0.97	0.89	0.83	16.64
44.50	0.389	7.74	2.07	1.49	1.22	1.06	0.95	0.87	0.81	16.21
45.00	0.379	7.54	2.01	1.45	1.19	1.03	0.92	0.85	0.79	15.78
45.50	0.369	7.34	1.96	1.41	1.15	1.00	0.90	0.83	0.77	15.37
46.00	0.359	7.15	1.91	1.38	1.12	0.97	0.88	0.80	0.75	14.96
46.50	0.350	6.96	1.86	1.34	1.09	0.95	0.85	0.78	0.73	14.57
47.00	0.341	6.78	1.81	1.30	1.07	0.92	0.83	0.76	0.71	14.19
47.50	0.332	6.60	1.76	1.27	1.04	0.90	0.81	0.74	0.69	13.81
48.00	0.323	6.43	1.72	1.24	1.01	0.88	0.79	0.72	0.67	13.45
48.50	0.314	6.26	1.67	1.20	0.98	0.85	0.77	0.70	0.66	13.10
49.00	0.306	6.10	1.63	1.17	0.96	0.83	0.75	0.69	0.64	12.75
49.50	0.298	5.94	1.58	1.14	0.93	0.81	0.73	0.67	0.62	12.42

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		19.91	5.17	3.63	2.89	2.44	2.13	1.91	1.73	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
50.00	0.290	5.78	1.54	1.11	0.91	0.79	0.71	0.65	0.61	12.09
50.50	0.283	5.63	1.50	1.08	0.88	0.77	0.69	0.63	0.59	11.78
51.00	0.275	5.48	1.46	1.05	0.86	0.75	0.67	0.62	0.57	11.47
51.50	0.268	5.34	1.42	1.03	0.84	0.73	0.65	0.60	0.56	11.16
52.00	0.261	5.20	1.39	1.00	0.82	0.71	0.64	0.58	0.55	10.87
52.50	0.254	5.06	1.35	0.97	0.80	0.69	0.62	0.57	0.53	10.59
53.00	0.247	4.93	1.31	0.95	0.77	0.67	0.60	0.55	0.52	10.31
53.50	0.241	4.80	1.28	0.92	0.75	0.65	0.59	0.54	0.50	10.04
54.00	0.235	4.67	1.25	0.90	0.73	0.64	0.57	0.53	0.49	9.77
54.50	0.228	4.55	1.21	0.87	0.72	0.62	0.56	0.51	0.48	9.52
55.00	0.222	4.43	1.18	0.85	0.70	0.60	0.54	0.50	0.46	9.27
55.50	0.217	4.31	1.15	0.83	0.68	0.59	0.53	0.48	0.45	9.02
56.00	0.211	4.20	1.12	0.81	0.66	0.57	0.51	0.47	0.44	8.79
56.50	0.205	4.09	1.09	0.79	0.64	0.56	0.50	0.46	0.43	8.56
57.00	0.200	3.98	1.06	0.77	0.63	0.54	0.49	0.45	0.42	8.33
57.50	0.195	3.88	1.03	0.75	0.61	0.53	0.47	0.44	0.41	8.11
58.00	0.190	3.78	1.01	0.73	0.59	0.51	0.46	0.42	0.40	7.90
58.50	0.185	3.68	0.98	0.71	0.58	0.50	0.45	0.41	0.39	7.69
59.00	0.180	3.58	0.96	0.69	0.56	0.49	0.44	0.40	0.38	7.49
59.50	0.175	3.49	0.93	0.67	0.55	0.48	0.43	0.39	0.37	7.29
60.00	0.170	3.39	0.91	0.65	0.53	0.46	0.42	0.38	0.36	7.10

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu DAS Kali

Kamoning dengan Kala Ulang 25 Tahun

Luas DAS = 343,23 km²

Panjang sungai utama = 58,10 km

= 3,00

R_{25 th} = 105,73 mm

R_{efektif} = 44,97 mm

Q_{max} = 267,21 m³/dt

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		22.49	5.84	4.10	3.26	2.76	2.41	2.15	1.96	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.50	0.014	0.31	-	-	-	-	-	-	-	0.31
1.00	0.072	1.62	0.08	-	-	-	-	-	-	1.70
1.50	0.191	4.29	0.42	0.06	-	-	-	-	-	4.77
2.00	0.381	8.56	1.12	0.30	0.04	-	-	-	-	10.02
2.50	0.650	14.63	2.23	0.78	0.24	0.04	-	-	-	17.91
3.00	1.007	22.66	3.80	1.56	0.62	0.20	0.03	-	-	28.87
3.50	1.459	32.80	5.89	2.67	1.24	0.53	0.17	0.03	-	43.33

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Qbanjir
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		22.49	5.84	4.10	3.26	2.76	2.41	2.15	1.96	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
4.00	2.010	45.19	8.52	4.13	2.12	1.05	0.46	0.16	0.03	61.66
4.50	2.666	59.95	11.75	5.98	3.29	1.79	0.92	0.41	0.14	84.23
5.00	3.433	77.20	15.58	8.24	4.76	2.78	1.57	0.82	0.37	111.32
5.50	4.315	97.04	20.07	10.93	6.56	4.02	2.43	1.40	0.75	143.19
6.00	5.318	119.58	25.22	14.08	8.70	5.54	3.51	2.17	1.27	180.07
6.50	6.444	144.90	31.08	17.69	11.21	7.35	4.84	3.14	1.97	222.19
7.00	6.983	157.03	37.66	21.80	14.09	9.46	6.42	4.33	2.86	253.66
7.50	6.621	148.89	40.82	26.42	17.36	11.89	8.27	5.74	3.93	263.33
8.00	6.278	141.17	38.70	28.63	21.03	14.66	10.40	7.40	5.22	267.21
8.50	5.953	133.86	36.69	27.15	22.79	17.76	12.81	9.30	6.72	267.08
9.00	5.644	126.92	34.79	25.74	21.61	19.25	15.53	11.46	8.45	263.74
9.50	5.351	120.34	32.99	24.41	20.49	18.25	16.83	13.88	10.41	257.60
10.00	5.074	114.10	31.28	23.14	19.43	17.30	15.95	15.05	12.62	248.87
10.50	4.811	108.19	29.66	21.94	18.42	16.41	15.13	14.27	13.67	237.68
11.00	4.562	102.58	28.12	20.80	17.47	15.56	14.34	13.53	12.96	225.36
11.50	4.325	97.26	26.66	19.73	16.56	14.75	13.60	12.82	12.29	213.68
12.00	4.101	92.22	25.28	18.70	15.70	13.99	12.89	12.16	11.65	202.60
12.50	3.888	87.44	23.97	17.73	14.89	13.26	12.23	11.53	11.05	192.10
13.00	3.687	82.91	22.73	16.81	14.12	12.57	11.59	10.93	10.48	182.14
13.50	3.496	78.61	21.55	15.94	13.39	11.92	10.99	10.37	9.93	172.70
14.00	3.314	74.53	20.43	15.12	12.69	11.30	10.42	9.83	9.42	163.75
14.50	3.143	70.67	19.37	14.33	12.03	10.72	9.88	9.32	8.93	155.26
15.00	2.980	67.01	18.37	13.59	11.41	10.16	9.37	8.84	8.47	147.21
15.50	2.825	63.53	17.42	12.89	10.82	9.64	8.88	8.38	8.03	139.58
16.00	2.679	60.24	16.51	12.22	10.26	9.14	8.42	7.94	7.61	132.34
16.50	2.540	57.12	15.66	11.58	9.73	8.66	7.99	7.53	7.22	125.48
17.00	2.408	54.16	14.85	10.98	9.22	8.21	7.57	7.14	6.84	118.98
17.50	2.283	51.35	14.08	10.41	8.74	7.79	7.18	6.77	6.49	112.81
18.00	2.165	48.69	13.35	9.87	8.29	7.38	6.81	6.42	6.15	106.96
18.50	2.083	46.83	12.65	9.36	7.86	7.00	6.45	6.09	5.83	102.09
19.00	2.010	45.20	12.17	8.88	7.45	6.64	6.12	5.77	5.53	97.76
19.50	1.940	43.62	11.75	8.54	7.07	6.29	5.80	5.47	5.25	93.79
20.00	1.872	42.10	11.34	8.24	6.80	5.97	5.50	5.19	4.97	90.11
20.50	1.807	40.63	10.94	7.95	6.56	5.74	5.22	4.92	4.72	86.68
21.00	1.744	39.22	10.56	7.68	6.33	5.54	5.02	4.66	4.47	83.48
21.50	1.683	37.85	10.19	7.41	6.11	5.35	4.84	4.49	4.24	80.48
22.00	1.625	36.53	9.84	7.15	5.90	5.16	4.67	4.33	4.08	77.66
22.50	1.568	35.26	9.50	6.90	5.69	4.98	4.51	4.18	3.94	74.95
23.00	1.513	34.03	9.16	6.66	5.49	4.81	4.35	4.03	3.80	72.34
23.50	1.460	32.84	8.84	6.43	5.30	4.64	4.20	3.89	3.67	69.82
24.00	1.410	31.70	8.54	6.20	5.12	4.48	4.06	3.76	3.54	67.38
24.50	1.360	30.59	8.24	5.99	4.94	4.32	3.91	3.63	3.41	65.03
25.00	1.313	29.53	7.95	5.78	4.77	4.17	3.78	3.50	3.30	62.77
25.50	1.267	28.50	7.67	5.58	4.60	4.03	3.65	3.38	3.18	60.58
26.00	1.223	27.50	7.41	5.38	4.44	3.89	3.52	3.26	3.07	58.47
26.50	1.180	26.54	7.15	5.20	4.29	3.75	3.40	3.15	2.96	56.43
27.00	1.139	25.62	6.90	5.01	4.14	3.62	3.28	3.04	2.86	54.46
27.50	1.100	24.73	6.66	4.84	3.99	3.49	3.16	2.93	2.76	52.56
28.00	1.061	23.86	6.43	4.67	3.85	3.37	3.05	2.83	2.66	50.73
28.50	1.024	23.03	6.20	4.51	3.72	3.25	2.95	2.73	2.57	48.96
29.00	0.988	22.23	5.99	4.35	3.59	3.14	2.84	2.64	2.48	47.25
29.50	0.954	21.45	5.78	4.20	3.46	3.03	2.74	2.54	2.39	45.61
30.00	0.921	20.71	5.58	4.05	3.34	2.93	2.65	2.45	2.31	44.02
30.50	0.889	19.98	5.38	3.91	3.23	2.82	2.56	2.37	2.23	42.48
31.00	0.858	19.29	5.19	3.78	3.11	2.72	2.47	2.29	2.15	41.00
31.50	0.828	18.61	5.01	3.64	3.01	2.63	2.38	2.21	2.08	39.57
32.00	0.799	17.97	4.84	3.52	2.90	2.54	2.30	2.13	2.01	38.19
32.50	0.771	17.34	4.67	3.39	2.80	2.45	2.22	2.06	1.94	36.86
33.00	0.744	16.73	4.51	3.28	2.70	2.36	2.14	1.98	1.87	35.58
33.50	0.718	16.15	4.35	3.16	2.61	2.28	2.07	1.91	1.80	34.34
34.00	0.693	15.59	4.20	3.05	2.52	2.20	1.99	1.85	1.74	33.14
34.50	0.669	15.04	4.05	2.94	2.43	2.13	1.92	1.78	1.68	31.98
35.00	0.646	14.52	3.91	2.84	2.34	2.05	1.86	1.72	1.62	30.87
35.50	0.628	14.12	3.77	2.74	2.26	1.98	1.79	1.66	1.56	29.90
36.00	0.612	13.75	3.67	2.65	2.18	1.91	1.73	1.60	1.51	29.01
36.50	0.596	13.39	3.57	2.58	2.11	1.84	1.67	1.55	1.46	28.17

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Qbanjir
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		22.49	5.84	4.10	3.26	2.76	2.41	2.15	1.96	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
37.00	0.580	13.04	3.48	2.51	2.05	1.78	1.61	1.49	1.41	27.37
37.50	0.565	12.70	3.39	2.44	2.00	1.73	1.56	1.44	1.36	26.61
38.00	0.550	12.36	3.30	2.38	1.94	1.69	1.51	1.39	1.31	25.89
38.50	0.535	12.04	3.21	2.32	1.89	1.64	1.47	1.35	1.26	25.19
39.00	0.521	11.72	3.13	2.25	1.84	1.60	1.43	1.32	1.23	24.53
39.50	0.508	11.42	3.05	2.20	1.79	1.56	1.40	1.28	1.20	23.89
40.00	0.494	11.12	2.97	2.14	1.75	1.52	1.36	1.25	1.17	23.26
40.50	0.481	10.82	2.89	2.08	1.70	1.48	1.32	1.22	1.14	22.65
41.00	0.469	10.54	2.81	2.03	1.66	1.44	1.29	1.18	1.11	22.05
41.50	0.456	10.26	2.74	1.97	1.61	1.40	1.26	1.15	1.08	21.47
42.00	0.444	9.99	2.67	1.92	1.57	1.36	1.22	1.12	1.05	20.91
42.50	0.433	9.73	2.60	1.87	1.53	1.33	1.19	1.09	1.02	20.36
43.00	0.421	9.47	2.53	1.82	1.49	1.29	1.16	1.06	0.99	19.83
43.50	0.410	9.23	2.46	1.77	1.45	1.26	1.13	1.04	0.97	19.31
44.00	0.400	8.98	2.40	1.73	1.41	1.22	1.10	1.01	0.94	18.80
44.50	0.389	8.75	2.34	1.68	1.38	1.19	1.07	0.98	0.92	18.30
45.00	0.379	8.52	2.27	1.64	1.34	1.16	1.04	0.96	0.89	17.82
45.50	0.369	8.29	2.21	1.59	1.30	1.13	1.02	0.93	0.87	17.36
46.00	0.359	8.08	2.16	1.55	1.27	1.10	0.99	0.91	0.85	16.90
46.50	0.350	7.86	2.10	1.51	1.24	1.07	0.96	0.88	0.82	16.46
47.00	0.341	7.66	2.04	1.47	1.20	1.04	0.94	0.86	0.80	16.02
47.50	0.332	7.46	1.99	1.43	1.17	1.02	0.91	0.84	0.78	15.60
48.00	0.323	7.26	1.94	1.40	1.14	0.99	0.89	0.82	0.76	15.19
48.50	0.314	7.07	1.89	1.36	1.11	0.96	0.87	0.79	0.74	14.79
49.00	0.306	6.88	1.84	1.32	1.08	0.94	0.84	0.77	0.72	14.41
49.50	0.298	6.70	1.79	1.29	1.05	0.91	0.82	0.75	0.70	14.03
50.00	0.290	6.53	1.74	1.26	1.03	0.89	0.80	0.73	0.68	13.66
50.50	0.283	6.36	1.70	1.22	1.00	0.87	0.78	0.71	0.67	13.30
51.00	0.275	6.19	1.65	1.19	0.97	0.84	0.76	0.70	0.65	12.95
51.50	0.268	6.03	1.61	1.16	0.95	0.82	0.74	0.68	0.63	12.61
52.00	0.261	5.87	1.57	1.13	0.92	0.80	0.72	0.66	0.62	12.28
52.50	0.254	5.71	1.53	1.10	0.90	0.78	0.70	0.64	0.60	11.96
53.00	0.247	5.56	1.49	1.07	0.87	0.76	0.68	0.63	0.58	11.64
53.50	0.241	5.42	1.45	1.04	0.85	0.74	0.66	0.61	0.57	11.34
54.00	0.235	5.28	1.41	1.01	0.83	0.72	0.65	0.59	0.55	11.04
54.50	0.228	5.14	1.37	0.99	0.81	0.70	0.63	0.58	0.54	10.75
55.00	0.222	5.00	1.34	0.96	0.79	0.68	0.61	0.56	0.52	10.47
55.50	0.217	4.87	1.30	0.94	0.77	0.66	0.60	0.55	0.51	10.19
56.00	0.211	4.74	1.27	0.91	0.75	0.65	0.58	0.53	0.50	9.92
56.50	0.205	4.62	1.23	0.89	0.73	0.63	0.57	0.52	0.48	9.66
57.00	0.200	4.50	1.20	0.86	0.71	0.61	0.55	0.51	0.47	9.41
57.50	0.195	4.38	1.17	0.84	0.69	0.60	0.54	0.49	0.46	9.16
58.00	0.190	4.26	1.14	0.82	0.67	0.58	0.52	0.48	0.45	8.92
58.50	0.185	4.15	1.11	0.80	0.65	0.57	0.51	0.47	0.44	8.69
59.00	0.180	4.04	1.08	0.78	0.64	0.55	0.49	0.45	0.42	8.46
59.50	0.175	3.94	1.05	0.76	0.62	0.54	0.48	0.44	0.41	8.24
60.00	0.170	3.83	1.02	0.74	0.60	0.52	0.47	0.43	0.40	8.02

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu DAS Kali

Kamoning dengan Kala Ulang 100 Tahun

Luas DAS = 343,23 km²

Panjang sungai utama = 58,10 km
= 3,00

R_{100 th} = 123,10 mm

R_{efektif} = 52,37 mm

Q_{max} = 311,13 m³/dt

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		26.18	6.81	4.77	3.80	3.21	2.81	2.51	2.28	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.50	0.014	0.36	-	-	-	-	-	-	-	0.36
1.00	0.072	1.89	0.09	-	-	-	-	-	-	1.98
1.50	0.191	5.00	0.49	0.07	-	-	-	-	-	5.55
2.00	0.381	9.97	1.30	0.34	0.05	-	-	-	-	11.66
2.50	0.650	17.03	2.59	0.91	0.27	0.04	-	-	-	20.85
3.00	1.007	26.38	4.43	1.82	0.73	0.23	0.04	-	-	33.62
3.50	1.459	38.19	6.86	3.11	1.45	0.61	0.20	0.03	-	50.45
4.00	2.010	52.62	9.93	4.81	2.47	1.22	0.54	0.18	0.03	71.79
4.50	2.666	69.80	13.68	6.96	3.83	2.09	1.07	0.48	0.16	98.07
5.00	3.433	89.89	18.14	9.59	5.54	3.23	1.82	0.96	0.44	129.62
5.50	4.315	112.99	23.36	12.73	7.64	4.68	2.83	1.63	0.87	166.73
6.00	5.318	139.23	29.37	16.39	10.13	6.45	4.09	2.53	1.48	209.67
6.50	6.444	168.72	36.19	20.60	13.05	8.56	5.64	3.66	2.30	258.71
7.00	6.983	182.84	43.85	25.39	16.40	11.02	7.48	5.04	3.33	295.35
7.50	6.621	173.37	47.53	30.76	20.21	13.85	9.63	6.69	4.58	306.61
8.00	6.278	164.38	45.06	33.34	24.49	17.07	12.11	8.61	6.08	311.13
8.50	5.953	155.86	42.73	31.61	26.54	20.68	14.92	10.83	7.83	310.98
9.00	5.644	147.78	40.51	29.97	25.16	22.41	18.08	13.34	9.84	307.09
9.50	5.351	140.12	38.41	28.42	23.86	21.25	19.59	16.17	12.12	299.94
10.00	5.074	132.86	36.42	26.94	22.62	20.15	18.58	17.52	14.69	289.78
10.50	4.811	125.97	34.53	25.55	21.45	19.10	17.61	16.61	15.92	276.75
11.00	4.562	119.44	32.74	24.22	20.34	18.11	16.70	15.75	15.09	262.40
11.50	4.325	113.25	31.04	22.97	19.28	17.18	15.83	14.93	14.31	248.80
12.00	4.101	107.38	29.44	21.78	18.28	16.28	15.01	14.16	13.57	235.90
12.50	3.888	101.81	27.91	20.65	17.34	15.44	14.23	13.42	12.87	223.67
13.00	3.687	96.53	26.46	19.58	16.44	14.64	13.50	12.73	12.20	212.08
13.50	3.496	91.53	25.09	18.56	15.59	13.88	12.80	12.07	11.57	201.08
14.00	3.314	86.78	23.79	17.60	14.78	13.16	12.13	11.44	10.97	190.66
14.50	3.143	82.29	22.56	16.69	14.01	12.48	11.50	10.85	10.40	180.78
15.00	2.980	78.02	21.39	15.82	13.29	11.83	10.91	10.29	9.86	171.41
15.50	2.825	73.98	20.28	15.00	12.60	11.22	10.34	9.75	9.35	162.52
16.00	2.679	70.14	19.23	14.23	11.94	10.64	9.81	9.25	8.86	154.10
16.50	2.540	66.51	18.23	13.49	11.32	10.09	9.30	8.77	8.41	146.11
17.00	2.408	63.06	17.29	12.79	10.74	9.56	8.82	8.31	7.97	138.53

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		26.18	6.81	4.77	3.80	3.21	2.81	2.51	2.28	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
17.50	2.283	59.79	16.39	12.13	10.18	9.07	8.36	7.88	7.56	131.35
18.00	2.165	56.69	15.54	11.50	9.65	8.60	7.93	7.48	7.16	124.54
18.50	2.083	54.53	14.73	10.90	9.15	8.15	7.52	7.09	6.79	118.87
19.00	2.010	52.63	14.17	10.34	8.68	7.73	7.13	6.72	6.44	113.83
19.50	1.940	50.79	13.68	9.94	8.23	7.33	6.76	6.37	6.11	109.21
20.00	1.872	49.02	13.20	9.60	7.92	6.95	6.41	6.04	5.79	104.92
20.50	1.807	47.31	12.74	9.26	7.64	6.68	6.07	5.73	5.49	100.93
21.00	1.744	45.66	12.30	8.94	7.37	6.45	5.84	5.43	5.21	97.20
21.50	1.683	44.07	11.87	8.63	7.12	6.23	5.64	5.22	4.94	93.71
22.00	1.625	42.54	11.46	8.33	6.87	6.01	5.44	5.04	4.75	90.43
22.50	1.568	41.05	11.06	8.04	6.63	5.80	5.25	4.87	4.58	87.27
23.00	1.513	39.62	10.67	7.76	6.40	5.60	5.07	4.70	4.42	84.23
23.50	1.460	38.24	10.30	7.49	6.17	5.40	4.89	4.53	4.27	81.29
24.00	1.410	36.91	9.94	7.22	5.96	5.21	4.72	4.38	4.12	78.46
24.50	1.360	35.62	9.59	6.97	5.75	5.03	4.56	4.22	3.98	75.72
25.00	1.313	34.38	9.26	6.73	5.55	4.86	4.40	4.08	3.84	73.08
25.50	1.267	33.18	8.94	6.49	5.36	4.69	4.25	3.93	3.70	70.54
26.00	1.223	32.02	8.62	6.27	5.17	4.52	4.10	3.80	3.57	68.08
26.50	1.180	30.91	8.32	6.05	4.99	4.37	3.95	3.66	3.45	65.70
27.00	1.139	29.83	8.03	5.84	4.82	4.21	3.82	3.54	3.33	63.41
27.50	1.100	28.79	7.75	5.64	4.65	4.07	3.68	3.41	3.21	61.20
28.00	1.061	27.79	7.48	5.44	4.49	3.93	3.56	3.29	3.10	59.07
28.50	1.024	26.82	7.22	5.25	4.33	3.79	3.43	3.18	2.99	57.01
29.00	0.988	25.88	6.97	5.07	4.18	3.66	3.31	3.07	2.89	55.02
29.50	0.954	24.98	6.73	4.89	4.03	3.53	3.20	2.96	2.79	53.10
30.00	0.921	24.11	6.49	4.72	3.89	3.41	3.08	2.86	2.69	51.25
30.50	0.889	23.27	6.27	4.55	3.76	3.29	2.98	2.76	2.60	49.47
31.00	0.858	22.46	6.05	4.40	3.63	3.17	2.87	2.66	2.51	47.74
31.50	0.828	21.67	5.84	4.24	3.50	3.06	2.77	2.57	2.42	46.08
32.00	0.799	20.92	5.63	4.09	3.38	2.96	2.68	2.48	2.33	44.47
32.50	0.771	20.19	5.44	3.95	3.26	2.85	2.58	2.39	2.25	42.92
33.00	0.744	19.49	5.25	3.81	3.15	2.75	2.49	2.31	2.17	41.42
33.50	0.718	18.81	5.06	3.68	3.04	2.66	2.41	2.23	2.10	39.98
34.00	0.693	18.15	4.89	3.55	2.93	2.56	2.32	2.15	2.03	38.59
34.50	0.669	17.52	4.72	3.43	2.83	2.47	2.24	2.08	1.96	37.24
35.00	0.646	16.91	4.55	3.31	2.73	2.39	2.16	2.00	1.89	35.94
35.50	0.628	16.45	4.39	3.19	2.63	2.31	2.09	1.93	1.82	34.82
36.00	0.612	16.01	4.27	3.08	2.54	2.22	2.01	1.87	1.76	33.78
36.50	0.596	15.59	4.16	3.00	2.45	2.15	1.94	1.80	1.70	32.80
37.00	0.580	15.18	4.05	2.92	2.39	2.07	1.88	1.74	1.64	31.87
37.50	0.565	14.78	3.95	2.84	2.32	2.02	1.81	1.68	1.58	30.98
38.00	0.550	14.40	3.84	2.77	2.26	1.96	1.76	1.62	1.53	30.14
38.50	0.535	14.02	3.74	2.70	2.20	1.91	1.72	1.58	1.47	29.33
39.00	0.521	13.65	3.64	2.62	2.15	1.86	1.67	1.53	1.43	28.56
39.50	0.508	13.29	3.55	2.56	2.09	1.81	1.63	1.49	1.39	27.81
40.00	0.494	12.94	3.45	2.49	2.03	1.76	1.58	1.45	1.36	27.08
40.50	0.481	12.60	3.36	2.42	1.98	1.72	1.54	1.42	1.32	26.37
41.00	0.469	12.27	3.28	2.36	1.93	1.67	1.50	1.38	1.29	25.68
41.50	0.456	11.95	3.19	2.30	1.88	1.63	1.46	1.34	1.25	25.00
42.00	0.444	11.64	3.11	2.24	1.83	1.59	1.42	1.31	1.22	24.35
42.50	0.433	11.33	3.02	2.18	1.78	1.54	1.39	1.27	1.19	23.71
43.00	0.421	11.03	2.94	2.12	1.73	1.50	1.35	1.24	1.16	23.08
43.50	0.410	10.74	2.87	2.07	1.69	1.46	1.31	1.21	1.13	22.48

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		26.18	6.81	4.77	3.80	3.21	2.81	2.51	2.28	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
44.00	0.400	10.46	2.79	2.01	1.64	1.43	1.28	1.18	1.10	21.89
44.50	0.389	10.19	2.72	1.96	1.60	1.39	1.25	1.14	1.07	21.31
45.00	0.379	9.92	2.65	1.91	1.56	1.35	1.21	1.11	1.04	20.75
45.50	0.369	9.66	2.58	1.86	1.52	1.32	1.18	1.09	1.01	20.21
46.00	0.359	9.40	2.51	1.81	1.48	1.28	1.15	1.06	0.99	19.68
46.50	0.350	9.16	2.44	1.76	1.44	1.25	1.12	1.03	0.96	19.16
47.00	0.341	8.92	2.38	1.71	1.40	1.22	1.09	1.00	0.94	18.66
47.50	0.332	8.68	2.32	1.67	1.37	1.18	1.06	0.98	0.91	18.17
48.00	0.323	8.45	2.26	1.63	1.33	1.15	1.03	0.95	0.89	17.69
48.50	0.314	8.23	2.20	1.58	1.29	1.12	1.01	0.93	0.86	17.23
49.00	0.306	8.02	2.14	1.54	1.26	1.09	0.98	0.90	0.84	16.77
49.50	0.298	7.81	2.08	1.50	1.23	1.06	0.96	0.88	0.82	16.33
50.00	0.290	7.60	2.03	1.46	1.19	1.04	0.93	0.85	0.80	15.90
50.50	0.283	7.40	1.98	1.42	1.16	1.01	0.91	0.83	0.78	15.49
51.00	0.275	7.21	1.92	1.39	1.13	0.98	0.88	0.81	0.76	15.08
51.50	0.268	7.02	1.87	1.35	1.10	0.96	0.86	0.79	0.74	14.68
52.00	0.261	6.83	1.82	1.31	1.07	0.93	0.84	0.77	0.72	14.30
52.50	0.254	6.65	1.78	1.28	1.05	0.91	0.81	0.75	0.70	13.92
53.00	0.247	6.48	1.73	1.25	1.02	0.88	0.79	0.73	0.68	13.56
53.50	0.241	6.31	1.68	1.21	0.99	0.86	0.77	0.71	0.66	13.20
54.00	0.235	6.14	1.64	1.18	0.97	0.84	0.75	0.69	0.64	12.85
54.50	0.228	5.98	1.60	1.15	0.94	0.82	0.73	0.67	0.63	12.52
55.00	0.222	5.82	1.55	1.12	0.92	0.79	0.71	0.65	0.61	12.19
55.50	0.217	5.67	1.51	1.09	0.89	0.77	0.69	0.64	0.59	11.87
56.00	0.211	5.52	1.47	1.06	0.87	0.75	0.68	0.62	0.58	11.56
56.50	0.205	5.38	1.44	1.03	0.85	0.73	0.66	0.60	0.56	11.25
57.00	0.200	5.24	1.40	1.01	0.82	0.71	0.64	0.59	0.55	10.96
57.50	0.195	5.10	1.36	0.98	0.80	0.70	0.62	0.57	0.53	10.67
58.00	0.190	4.96	1.33	0.95	0.78	0.68	0.61	0.56	0.52	10.39
58.50	0.185	4.83	1.29	0.93	0.76	0.66	0.59	0.54	0.51	10.12
59.00	0.180	4.71	1.26	0.91	0.74	0.64	0.58	0.53	0.49	9.85
59.50	0.175	4.58	1.22	0.88	0.72	0.62	0.56	0.52	0.48	9.59
60.00	0.170	4.46	1.19	0.86	0.70	0.61	0.55	0.50	0.47	9.34

Sumber : Hasil Perhitungan

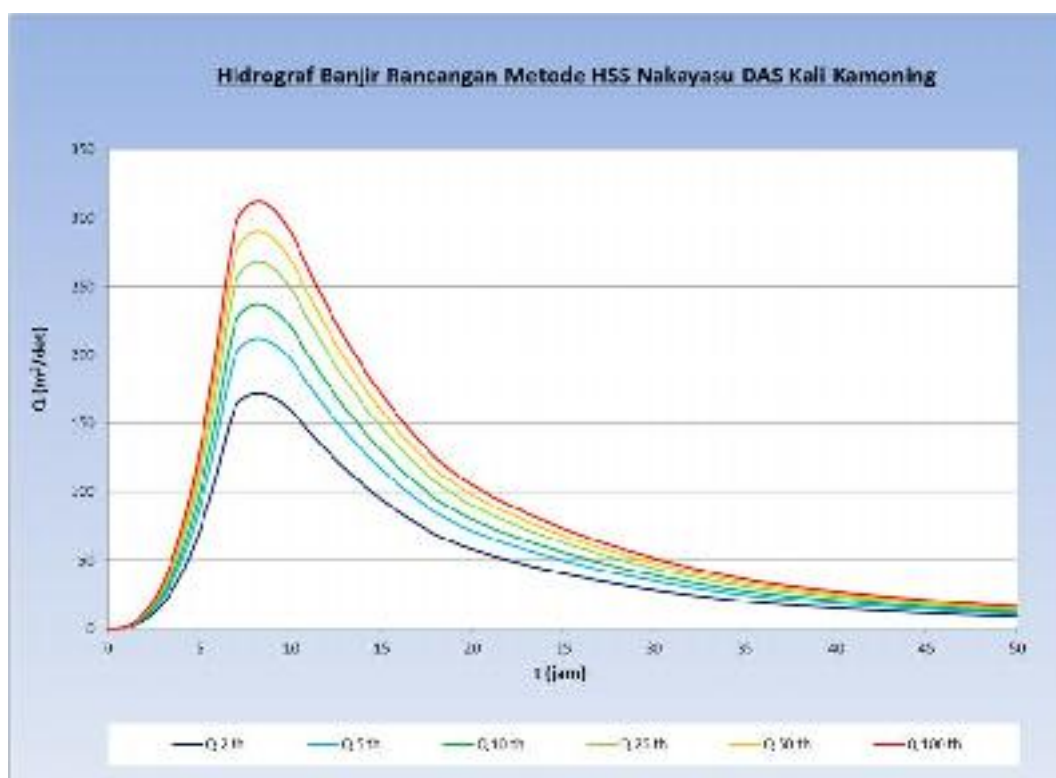
**Tabel Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu DAS Kali
Kamoning Berbagai Kala Ulang.**

No	Waktu	Qt	Debit Banjir Rancangan dengan Kala Ulang					
			Q _{2 th}	Q _{5 th}	Q _{10 th}	Q _{25 th}	Q _{50 th}	Q _{100 th}
	(jam)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)
1	0,00	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,50	0,0137	0,197	0,243	0,272	0,307	0,333	0,358
3	1,00	0,0721	1,092	1,347	1,507	1,702	1,843	1,982
4	1,50	0,1909	3,060	3,774	4,223	4,770	5,166	5,554
5	2,00	0,3807	6,426	7,926	8,869	10,018	10,848	11,664
6	2,50	0,6504	11,486	14,168	15,854	17,908	19,392	20,851
7	3,00	1,0075	18,520	22,844	25,562	28,873	31,267	33,619
8	3,50	1,4585	27,790	34,278	38,358	43,326	46,917	50,447
9	4,00	2,0095	39,549	48,783	54,589	61,659	66,770	71,793
10	4,50	2,6660	54,025	66,639	74,570	84,227	91,209	98,071
11	5,00	3,4330	71,402	88,074	98,555	111,320	120,547	129,617
12	5,50	4,3154	91,845	113,289	126,772	143,191	155,061	166,727
13	6,00	5,3175	115,503	142,471	159,427	180,075	195,002	209,673
14	6,50	6,4438	142,515	175,790	196,711	222,187	240,605	258,707
15	7,00	6,9832	162,699	200,687	224,571	253,656	274,682	295,348
16	7,50	6,6212	168,905	208,341	233,136	263,331	285,159	306,613
17	8,00	6,2780	171,394	211,411	236,572	267,211	289,361	311,131
18	8,50	5,9526	171,313	211,312	236,460	267,085	289,224	310,984
19	9,00	5,6440	169,169	208,667	233,501	263,742	285,605	307,092
20	9,50	5,3514	165,226	203,804	228,059	257,596	278,949	299,936
21	10,00	5,0740	159,629	196,900	220,333	248,870	269,499	289,775
22	10,50	4,8110	152,451	188,046	210,426	237,679	257,381	276,745
23	11,00	4,5616	144,549	178,299	199,518	225,358	244,039	262,400
24	11,50	4,3252	137,056	169,056	189,176	213,677	231,389	248,798
25	12,00	4,1010	129,951	160,293	179,370	202,600	219,394	235,901
26	12,50	3,8884	123,215	151,984	170,072	192,098	208,022	223,672
27	13,00	3,6868	116,828	144,105	161,256	182,140	197,238	212,078
28	13,50	3,4957	110,772	136,635	152,897	172,699	187,014	201,084
29	14,00	3,3145	105,030	129,553	144,971	163,746	177,320	190,661
30	14,50	3,1427	99,585	122,837	137,456	155,258	168,128	180,777
31	15,00	2,9798	94,423	116,469	130,331	147,210	159,413	171,406
32	15,50	2,8253	89,529	110,432	123,575	139,579	151,149	162,521
33	16,00	2,6789	84,888	104,708	117,169	132,344	143,314	154,097
34	16,50	2,5400	80,487	99,280	111,095	125,484	135,885	146,109
35	17,00	2,4083	76,315	94,133	105,336	118,979	128,841	138,535
36	17,50	2,2835	72,359	89,254	99,876	112,811	122,163	131,354
37	18,00	2,1651	68,608	84,627	94,699	106,964	115,830	124,545
38	18,50	2,0826	65,480	80,769	90,382	102,087	110,549	118,867
39	19,00	2,0100	62,707	77,348	86,554	97,764	105,868	113,833
40	19,50	1,9399	60,160	74,206	83,037	93,792	101,566	109,208
41	20,00	1,8723	57,799	71,294	79,779	90,111	97,581	104,923
42	20,50	1,8070	55,601	68,583	76,745	86,685	93,870	100,933

No	Waktu	Qt	Debit Banjir Rancangan dengan Kala Ulang					
			Q _{2 th}	Q _{5 th}	Q _{10 th}	Q _{25 th}	Q _{50 th}	Q _{100 th}
	(jam)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)
43	21,00	1,7440	53,547	66,049	73,910	83,482	90,402	97,204
44	21,50	1,6832	51,622	63,674	71,252	80,480	87,152	93,709
45	22,00	1,6245	49,813	61,444	68,756	77,661	84,098	90,426
46	22,50	1,5679	48,076	59,301	66,359	74,953	81,166	87,273
47	23,00	1,5132	46,400	57,234	64,045	72,340	78,337	84,230
48	23,50	1,4605	44,783	55,239	61,813	69,818	75,606	81,294
49	24,00	1,4095	43,221	53,313	59,658	67,384	72,970	78,460
50	24,50	1,3604	41,714	51,454	57,578	65,035	70,426	75,724
51	25,00	1,3130	40,260	49,660	55,570	62,767	67,970	73,084
52	25,50	1,2672	38,856	47,929	53,633	60,579	65,601	70,536
53	26,00	1,2230	37,502	46,258	51,763	58,467	63,314	68,077
54	26,50	1,1804	36,194	44,645	49,958	56,429	61,106	65,704
55	27,00	1,1392	34,932	43,089	48,217	54,461	58,976	63,413
56	27,50	1,0995	33,715	41,586	46,536	52,563	56,920	61,202
57	28,00	1,0612	32,539	40,137	44,913	50,730	54,935	59,068
58	28,50	1,0242	31,405	38,737	43,347	48,962	53,020	57,009
59	29,00	0,9885	30,310	37,387	41,836	47,255	51,172	55,022
60	29,50	0,9540	29,253	36,083	40,378	45,607	49,388	53,103
61	30,00	0,9208	28,233	34,825	38,970	44,017	47,666	51,252
62	30,50	0,8887	27,249	33,611	37,611	42,482	46,004	49,465
63	31,00	0,8577	26,299	32,439	36,300	41,001	44,400	47,741
64	31,50	0,8278	25,382	31,308	35,034	39,572	42,852	46,076
65	32,00	0,7989	24,497	30,217	33,813	38,192	41,358	44,470
66	32,50	0,7711	23,643	29,163	32,634	36,861	39,916	42,919
67	33,00	0,7442	22,819	28,147	31,496	35,576	38,525	41,423
68	33,50	0,7182	22,023	27,165	30,398	34,335	37,182	39,979
69	34,00	0,6932	21,255	26,218	29,339	33,138	35,885	38,585
70	34,50	0,6690	20,514	25,304	28,316	31,983	34,634	37,240
71	35,00	0,6457	19,799	24,422	27,329	30,868	33,427	35,942
72	35,50	0,6281	19,180	23,658	26,473	29,902	32,380	34,817
73	36,00	0,6116	18,607	22,952	25,683	29,009	31,414	33,778
74	36,50	0,5955	18,067	22,286	24,938	28,168	30,503	32,798
75	37,00	0,5799	17,556	21,654	24,232	27,370	29,639	31,869
76	37,50	0,5647	17,068	21,054	23,559	26,610	28,816	30,984
77	38,00	0,5498	16,604	20,480	22,918	25,886	28,032	30,141
78	38,50	0,5354	16,159	19,932	22,305	25,193	27,282	29,334
79	39,00	0,5213	15,734	19,408	21,718	24,530	26,564	28,562
80	39,50	0,5076	15,321	18,898	21,147	23,886	25,866	27,812
81	40,00	0,4943	14,919	18,402	20,592	23,259	25,187	27,082
82	40,50	0,4813	14,527	17,919	20,051	22,648	24,525	26,371
83	41,00	0,4687	14,145	17,448	19,525	22,053	23,881	25,678
84	41,50	0,4564	13,774	16,990	19,012	21,474	23,254	25,004
85	42,00	0,4444	13,412	16,544	18,512	20,910	22,643	24,347
86	42,50	0,4327	13,060	16,109	18,026	20,361	22,049	23,707
87	43,00	0,4213	12,717	15,686	17,553	19,826	21,470	23,085
88	43,50	0,4103	12,383	15,274	17,092	19,305	20,906	22,479
89	44,00	0,3995	12,058	14,873	16,643	18,798	20,357	21,888

No	Waktu (jam)	Qt (m ³ /dt)	Debit Banjir Rancangan dengan Kala Ulang					
			Q _{2 th}	Q _{5 th}	Q _{10 th}	Q _{25 th}	Q _{50 th}	Q _{100 th}
			(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)
90	44,50	0,3890	11,741	14,482	16,206	18,305	19,822	21,313
91	45,00	0,3788	11,433	14,102	15,780	17,824	19,301	20,754
92	45,50	0,3688	11,132	13,732	15,366	17,356	18,794	20,209
93	46,00	0,3592	10,840	13,371	14,962	16,900	18,301	19,678
94	46,50	0,3497	10,555	13,020	14,569	16,456	17,820	19,161
95	47,00	0,3405	10,278	12,678	14,187	16,024	17,352	18,658
96	47,50	0,3316	10,008	12,345	13,814	15,603	16,897	18,168
97	48,00	0,3229	9,745	12,021	13,451	15,193	16,453	17,691
98	48,50	0,3144	9,489	11,705	13,098	14,794	16,021	17,226
99	49,00	0,3062	9,240	11,397	12,754	14,406	15,600	16,774
100	49,50	0,2981	8,997	11,098	12,419	14,027	15,190	16,333
101	50,00	0,2903	8,761	10,807	12,093	13,659	14,791	15,904
Q maksimum (m ³ /dt)			171,39	211,41	236,57	267,21	289,36	311,13

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar Hidrograf Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu Berbagai Kala Ulang DAS Kali Kamoning.

Tabel Perhitungan Hujan Efektif Berbagai Kala Ulang Setelah Alih Fungsi Lahan

Jam	Nisbah hujan jam-jaman (%)	Hujan Efektif Tiap Jam Dengan Kala Ulang					
		2 th	5 th	10 th	25 th	50 th	100 th
0,50	0,50	12,940	15,962	17,861	20,175	21,847	23,491
1,00	0,13	3,363	4,149	4,643	5,244	5,678	6,106
1,50	0,09	2,359	2,910	3,257	3,678	3,983	4,283
2,00	0,07	1,878	2,317	2,593	2,928	3,171	3,410
2,50	0,06	1,586	1,956	2,189	2,473	2,678	2,879
3,00	0,05	1,386	1,710	1,914	2,162	2,341	2,517
3,50	0,05	1,240	1,529	1,711	1,933	2,093	2,251
4,00	0,04	1,127	1,390	1,555	1,757	1,902	2,045
Hujan Rancangan (mm)		67,815	83,648	93,603	105,726	114,490	123,104
Koefisien Limpasan		0,382	0,382	0,382	0,382	0,382	0,382
Hujan Efektif (mm)		25,881	31,923	35,723	40,349	43,694	46,981

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu DAS Kali Kamoning dengan Kala Ulang 2 Tahun Setelah Alih Fungsi Lahan

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		12,94	3,36	2,36	1,88	1,59	1,39	1,24	1,13	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,50	0,014	0,18	-	-	-	-	-	-	-	0,18
1,00	0,072	0,93	0,05	-	-	-	-	-	-	0,98
1,50	0,191	2,47	0,24	0,03	-	-	-	-	-	2,74
2,00	0,381	4,93	0,64	0,17	0,03	-	-	-	-	5,76
2,50	0,650	8,42	1,28	0,45	0,14	0,02	-	-	-	10,30
3,00	1,007	13,04	2,19	0,90	0,36	0,11	0,02	-	-	16,62
3,50	1,459	18,87	3,39	1,53	0,72	0,30	0,10	0,02	-	24,93
4,00	2,010	26,00	4,91	2,38	1,22	0,60	0,26	0,09	0,02	35,48
4,50	2,666	34,50	6,76	3,44	1,89	1,03	0,53	0,24	0,08	48,47
5,00	3,433	44,42	8,97	4,74	2,74	1,60	0,90	0,47	0,22	64,06
5,50	4,315	55,84	11,55	6,29	3,77	2,31	1,40	0,81	0,43	82,40
6,00	5,318	68,81	14,51	8,10	5,01	3,19	2,02	1,25	0,73	103,62
6,50	6,444	83,38	17,89	10,18	6,45	4,23	2,79	1,81	1,14	127,86
7,00	6,983	90,36	21,67	12,55	8,11	5,45	3,70	2,49	1,64	145,97
7,50	6,621	85,68	23,49	15,20	9,99	6,84	4,76	3,31	2,26	151,53
8,00	6,278	81,24	22,27	16,48	12,10	8,43	5,98	4,26	3,00	153,77
8,50	5,953	77,03	21,12	15,62	13,12	10,22	7,37	5,35	3,87	153,69
9,00	5,644	73,04	20,02	14,81	12,44	11,08	8,93	6,59	4,86	151,77
9,50	5,351	69,25	18,98	14,04	11,79	10,50	9,68	7,99	5,99	148,23

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		12,94	3,36	2,36	1,88	1,59	1,39	1,24	1,13	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
10,00	5,074	65,66	18,00	13,32	11,18	9,96	9,18	8,66	7,26	143,21
10,50	4,811	62,26	17,07	12,63	10,60	9,44	8,70	8,21	7,87	136,77
11,00	4,562	59,03	16,18	11,97	10,05	8,95	8,25	7,78	7,46	129,68
11,50	4,325	55,97	15,34	11,35	9,53	8,49	7,83	7,38	7,07	122,96
12,00	4,101	53,07	14,55	10,76	9,04	8,05	7,42	7,00	6,71	116,59
12,50	3,888	50,32	13,79	10,20	8,57	7,63	7,04	6,63	6,36	110,54
13,00	3,687	47,71	13,08	9,68	8,12	7,24	6,67	6,29	6,03	104,81
13,50	3,496	45,24	12,40	9,17	7,70	6,86	6,32	5,96	5,72	99,38
14,00	3,314	42,89	11,76	8,70	7,30	6,50	6,00	5,66	5,42	94,23
14,50	3,143	40,67	11,15	8,25	6,92	6,17	5,69	5,36	5,14	89,34
15,00	2,980	38,56	10,57	7,82	6,57	5,85	5,39	5,08	4,87	84,71
15,50	2,825	36,56	10,02	7,41	6,23	5,54	5,11	4,82	4,62	80,32
16,00	2,679	34,67	9,50	7,03	5,90	5,26	4,85	4,57	4,38	76,16
16,50	2,540	32,87	9,01	6,67	5,60	4,98	4,60	4,33	4,15	72,21
17,00	2,408	31,16	8,54	6,32	5,31	4,73	4,36	4,11	3,94	68,47
17,50	2,283	29,55	8,10	5,99	5,03	4,48	4,13	3,90	3,73	64,92
18,00	2,165	28,02	7,68	5,68	4,77	4,25	3,92	3,69	3,54	61,55
18,50	2,083	26,95	7,28	5,39	4,52	4,03	3,71	3,50	3,36	58,75
19,00	2,010	26,01	7,00	5,11	4,29	3,82	3,52	3,32	3,18	56,26
19,50	1,940	25,10	6,76	4,91	4,07	3,62	3,34	3,15	3,02	53,97
20,00	1,872	24,23	6,52	4,74	3,91	3,43	3,17	2,99	2,86	51,85
20,50	1,807	23,38	6,30	4,58	3,78	3,30	3,00	2,83	2,71	49,88
21,00	1,744	22,57	6,08	4,42	3,64	3,19	2,89	2,68	2,57	48,04
21,50	1,683	21,78	5,87	4,26	3,52	3,08	2,79	2,58	2,44	46,31
22,00	1,625	21,02	5,66	4,11	3,39	2,97	2,69	2,49	2,35	44,69
22,50	1,568	20,29	5,46	3,97	3,28	2,87	2,60	2,41	2,26	43,13
23,00	1,513	19,58	5,27	3,83	3,16	2,77	2,51	2,32	2,19	41,63
23,50	1,460	18,90	5,09	3,70	3,05	2,67	2,42	2,24	2,11	40,18
24,00	1,410	18,24	4,91	3,57	2,94	2,58	2,33	2,16	2,04	38,78
24,50	1,360	17,60	4,74	3,45	2,84	2,49	2,25	2,09	1,96	37,42
25,00	1,313	16,99	4,58	3,33	2,74	2,40	2,17	2,01	1,90	36,12
25,50	1,267	16,40	4,42	3,21	2,65	2,32	2,10	1,94	1,83	34,86
26,00	1,223	15,83	4,26	3,10	2,56	2,24	2,02	1,88	1,77	33,64
26,50	1,180	15,27	4,11	2,99	2,47	2,16	1,95	1,81	1,70	32,47
27,00	1,139	14,74	3,97	2,89	2,38	2,08	1,89	1,75	1,65	31,34
27,50	1,100	14,23	3,83	2,78	2,30	2,01	1,82	1,69	1,59	30,25
28,00	1,061	13,73	3,70	2,69	2,22	1,94	1,76	1,63	1,53	29,19
28,50	1,024	13,25	3,57	2,59	2,14	1,87	1,70	1,57	1,48	28,17
29,00	0,988	12,79	3,44	2,50	2,07	1,81	1,64	1,52	1,43	27,19
29,50	0,954	12,35	3,32	2,42	1,99	1,74	1,58	1,46	1,38	26,24
30,00	0,921	11,91	3,21	2,33	1,92	1,68	1,52	1,41	1,33	25,33
30,50	0,889	11,50	3,10	2,25	1,86	1,62	1,47	1,36	1,28	24,45
31,00	0,858	11,10	2,99	2,17	1,79	1,57	1,42	1,32	1,24	23,59
31,50	0,828	10,71	2,88	2,10	1,73	1,51	1,37	1,27	1,20	22,77
32,00	0,799	10,34	2,78	2,02	1,67	1,46	1,32	1,23	1,15	21,98
32,50	0,771	9,98	2,69	1,95	1,61	1,41	1,28	1,18	1,11	21,21
33,00	0,744	9,63	2,59	1,88	1,55	1,36	1,23	1,14	1,07	20,47
33,50	0,718	9,29	2,50	1,82	1,50	1,31	1,19	1,10	1,04	19,76
34,00	0,693	8,97	2,42	1,76	1,45	1,27	1,15	1,06	1,00	19,07
34,50	0,669	8,66	2,33	1,69	1,40	1,22	1,11	1,03	0,97	18,40
35,00	0,646	8,36	2,25	1,64	1,35	1,18	1,07	0,99	0,93	17,76
35,50	0,628	8,13	2,17	1,58	1,30	1,14	1,03	0,96	0,90	17,21

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		12,94	3,36	2,36	1,88	1,59	1,39	1,24	1,13	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
36,00	0,612	7,91	2,11	1,52	1,26	1,10	1,00	0,92	0,87	16,69
36,50	0,596	7,71	2,06	1,48	1,21	1,06	0,96	0,89	0,84	16,21
37,00	0,580	7,50	2,00	1,44	1,18	1,02	0,93	0,86	0,81	15,75
37,50	0,565	7,31	1,95	1,41	1,15	1,00	0,90	0,83	0,78	15,31
38,00	0,550	7,11	1,90	1,37	1,12	0,97	0,87	0,80	0,75	14,90
38,50	0,535	6,93	1,85	1,33	1,09	0,94	0,85	0,78	0,73	14,50
39,00	0,521	6,75	1,80	1,30	1,06	0,92	0,83	0,76	0,71	14,12
39,50	0,508	6,57	1,75	1,26	1,03	0,90	0,80	0,74	0,69	13,75
40,00	0,494	6,40	1,71	1,23	1,01	0,87	0,78	0,72	0,67	13,38
40,50	0,481	6,23	1,66	1,20	0,98	0,85	0,76	0,70	0,65	13,03
41,00	0,469	6,06	1,62	1,17	0,95	0,83	0,74	0,68	0,64	12,69
41,50	0,456	5,91	1,58	1,14	0,93	0,81	0,72	0,66	0,62	12,36
42,00	0,444	5,75	1,53	1,11	0,90	0,78	0,70	0,65	0,60	12,03
42,50	0,433	5,60	1,49	1,08	0,88	0,76	0,69	0,63	0,59	11,72
43,00	0,421	5,45	1,46	1,05	0,86	0,74	0,67	0,61	0,57	11,41
43,50	0,410	5,31	1,42	1,02	0,83	0,72	0,65	0,60	0,56	11,11
44,00	0,400	5,17	1,38	0,99	0,81	0,70	0,63	0,58	0,54	10,82
44,50	0,389	5,03	1,34	0,97	0,79	0,69	0,62	0,57	0,53	10,53
45,00	0,379	4,90	1,31	0,94	0,77	0,67	0,60	0,55	0,51	10,26
45,50	0,369	4,77	1,27	0,92	0,75	0,65	0,58	0,54	0,50	9,99
46,00	0,359	4,65	1,24	0,89	0,73	0,63	0,57	0,52	0,49	9,73
46,50	0,350	4,53	1,21	0,87	0,71	0,62	0,55	0,51	0,47	9,47
47,00	0,341	4,41	1,18	0,85	0,69	0,60	0,54	0,50	0,46	9,22
47,50	0,332	4,29	1,15	0,83	0,67	0,59	0,53	0,48	0,45	8,98
48,00	0,323	4,18	1,12	0,80	0,66	0,57	0,51	0,47	0,44	8,74
48,50	0,314	4,07	1,09	0,78	0,64	0,55	0,50	0,46	0,43	8,51
49,00	0,306	3,96	1,06	0,76	0,62	0,54	0,48	0,45	0,42	8,29
49,50	0,298	3,86	1,03	0,74	0,61	0,53	0,47	0,43	0,40	8,07
50,00	0,290	3,76	1,00	0,72	0,59	0,51	0,46	0,42	0,39	7,86
Q _{max} =										153,77

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu DAS
Kali Kamoning dengan Kala Ulang 5 Tahun Setelah Alih Fungsi Lahan**

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		15,96	4,15	2,91	2,32	1,96	1,71	1,53	1,39	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
0,00	0,00	0,00								0,00
0,50	0,01	0,22	0,00							0,22
1,00	0,07	1,15	0,06	0,00						1,21
1,50	0,19	3,05	0,30	0,04	0,00					3,39
2,00	0,38	6,08	0,79	0,21	0,03	0,00				7,11
2,50	0,65	10,38	1,58	0,56	0,17	0,03	0,00			12,71
3,00	1,01	16,08	2,70	1,11	0,44	0,14	0,02	0,00		20,49
3,50	1,46	23,28	4,18	1,89	0,88	0,37	0,12	0,02	0,00	30,75
4,00	2,01	32,08	6,05	2,93	1,51	0,74	0,33	0,11	0,02	43,77
4,50	2,67	42,55	8,34	4,24	2,33	1,27	0,65	0,29	0,10	59,79
5,00	3,43	54,80	11,06	5,85	3,38	1,97	1,11	0,58	0,27	79,02
5,50	4,32	68,88	14,24	7,76	4,66	2,85	1,72	0,99	0,53	101,64
6,00	5,32	84,88	17,90	9,99	6,18	3,93	2,49	1,54	0,90	127,82
6,50	6,44	102,85	22,06	12,56	7,95	5,22	3,44	2,23	1,40	157,71
7,00	6,98	111,46	26,73	15,48	10,00	6,72	4,56	3,07	2,03	180,05
7,50	6,62	105,69	28,97	18,75	12,32	8,44	5,87	4,08	2,79	186,91
8,00	6,28	100,21	27,47	20,32	14,93	10,40	7,38	5,25	3,71	189,67
8,50	5,95	95,01	26,05	19,27	16,18	12,61	9,09	6,60	4,77	189,58
9,00	5,64	90,09	24,70	18,27	15,34	13,66	11,02	8,13	6,00	187,21
9,50	5,35	85,42	23,42	17,32	14,55	12,95	11,94	9,85	7,39	182,84
10,00	5,07	80,99	22,20	16,43	13,79	12,28	11,32	10,68	8,96	176,65
10,50	4,81	76,79	21,05	15,57	13,08	11,65	10,74	10,13	9,70	168,71
11,00	4,56	72,81	19,96	14,77	12,40	11,04	10,18	9,60	9,20	159,96
11,50	4,33	69,04	18,93	14,00	11,76	10,47	9,65	9,10	8,72	151,67
12,00	4,10	65,46	17,94	13,28	11,15	9,93	9,15	8,63	8,27	143,81
12,50	3,89	62,06	17,01	12,59	10,57	9,41	8,68	8,18	7,84	136,35
13,00	3,69	58,85	16,13	11,93	10,02	8,92	8,23	7,76	7,44	129,28
13,50	3,50	55,80	15,30	11,32	9,50	8,46	7,80	7,36	7,05	122,58
14,00	3,31	52,90	14,50	10,73	9,01	8,02	7,40	6,98	6,69	116,23
14,50	3,14	50,16	13,75	10,17	8,54	7,61	7,01	6,61	6,34	110,20
15,00	2,98	47,56	13,04	9,65	8,10	7,21	6,65	6,27	6,01	104,49
15,50	2,83	45,10	12,36	9,15	7,68	6,84	6,31	5,95	5,70	99,07
16,00	2,68	42,76	11,72	8,67	7,28	6,48	5,98	5,64	5,40	93,94
16,50	2,54	40,54	11,11	8,22	6,90	6,15	5,67	5,35	5,12	89,07
17,00	2,41	38,44	10,54	7,80	6,55	5,83	5,37	5,07	4,86	84,45
17,50	2,28	36,45	9,99	7,39	6,21	5,53	5,10	4,81	4,61	80,07
18,00	2,17	34,56	9,47	7,01	5,88	5,24	4,83	4,56	4,37	75,92
18,50	2,08	33,24	8,98	6,65	5,58	4,97	4,58	4,32	4,14	72,46
19,00	2,01	32,08	8,64	6,30	5,29	4,71	4,34	4,10	3,93	69,39
19,50	1,94	30,96	8,34	6,06	5,02	4,47	4,12	3,88	3,72	66,57
20,00	1,87	29,88	8,05	5,85	4,83	4,24	3,91	3,68	3,53	63,96
20,50	1,81	28,84	7,77	5,65	4,66	4,07	3,70	3,49	3,35	61,53
21,00	1,74	27,84	7,50	5,45	4,49	3,93	3,56	3,31	3,17	59,26
21,50	1,68	26,87	7,24	5,26	4,34	3,80	3,44	3,18	3,01	57,13
22,00	1,62	25,93	6,98	5,08	4,19	3,66	3,32	3,07	2,89	55,12
22,50	1,57	25,03	6,74	4,90	4,04	3,54	3,20	2,97	2,79	53,20
23,00	1,51	24,15	6,50	4,73	3,90	3,41	3,09	2,86	2,70	51,35
23,50	1,46	23,31	6,28	4,56	3,76	3,29	2,98	2,76	2,60	49,56

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Qbanjir
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		15,96	4,15	2,91	2,32	1,96	1,71	1,53	1,39	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
24,00	1,41	22,50	6,06	4,40	3,63	3,18	2,88	2,67	2,51	47,83
24,50	1,36	21,71	5,85	4,25	3,51	3,07	2,78	2,57	2,42	46,16
25,00	1,31	20,96	5,64	4,10	3,38	2,96	2,68	2,48	2,34	44,55
25,50	1,27	20,23	5,45	3,96	3,27	2,86	2,59	2,40	2,26	43,00
26,00	1,22	19,52	5,26	3,82	3,15	2,76	2,50	2,31	2,18	41,50
26,50	1,18	18,84	5,07	3,69	3,04	2,66	2,41	2,23	2,10	40,05
27,00	1,14	18,18	4,90	3,56	2,94	2,57	2,33	2,16	2,03	38,66
27,50	1,10	17,55	4,73	3,44	2,83	2,48	2,25	2,08	1,96	37,31
28,00	1,06	16,94	4,56	3,32	2,73	2,39	2,17	2,01	1,89	36,01
28,50	1,02	16,35	4,40	3,20	2,64	2,31	2,09	1,94	1,82	34,75
29,00	0,99	15,78	4,25	3,09	2,55	2,23	2,02	1,87	1,76	33,54
29,50	0,95	15,23	4,10	2,98	2,46	2,15	1,95	1,81	1,70	32,37
30,00	0,92	14,70	3,96	2,88	2,37	2,08	1,88	1,74	1,64	31,24
30,50	0,89	14,18	3,82	2,78	2,29	2,00	1,81	1,68	1,58	30,15
31,00	0,86	13,69	3,69	2,68	2,21	1,93	1,75	1,62	1,53	29,10
31,50	0,83	13,21	3,56	2,59	2,13	1,87	1,69	1,57	1,47	28,09
32,00	0,80	12,75	3,43	2,50	2,06	1,80	1,63	1,51	1,42	27,11
32,50	0,77	12,31	3,31	2,41	1,99	1,74	1,57	1,46	1,37	26,16
33,00	0,74	11,88	3,20	2,33	1,92	1,68	1,52	1,41	1,33	25,25
33,50	0,72	11,46	3,09	2,24	1,85	1,62	1,47	1,36	1,28	24,37
34,00	0,69	11,06	2,98	2,17	1,79	1,56	1,42	1,31	1,24	23,52
34,50	0,67	10,68	2,88	2,09	1,72	1,51	1,37	1,27	1,19	22,70
35,00	0,65	10,31	2,78	2,02	1,66	1,46	1,32	1,22	1,15	21,91
35,50	0,63	10,03	2,68	1,95	1,61	1,41	1,27	1,18	1,11	21,22
36,00	0,61	9,76	2,61	1,88	1,55	1,36	1,23	1,14	1,07	20,59
36,50	0,60	9,51	2,54	1,83	1,50	1,31	1,19	1,10	1,03	19,99
37,00	0,58	9,26	2,47	1,78	1,46	1,26	1,14	1,06	1,00	19,43
37,50	0,56	9,01	2,41	1,73	1,42	1,23	1,10	1,02	0,96	18,89
38,00	0,55	8,78	2,34	1,69	1,38	1,20	1,07	0,99	0,93	18,37
38,50	0,54	8,55	2,28	1,64	1,34	1,17	1,05	0,96	0,90	17,88
39,00	0,52	8,32	2,22	1,60	1,31	1,13	1,02	0,94	0,87	17,41
39,50	0,51	8,10	2,16	1,56	1,27	1,10	0,99	0,91	0,85	16,95
40,00	0,49	7,89	2,11	1,52	1,24	1,08	0,97	0,89	0,83	16,51
40,50	0,48	7,68	2,05	1,48	1,21	1,05	0,94	0,86	0,81	16,08
41,00	0,47	7,48	2,00	1,44	1,18	1,02	0,92	0,84	0,78	15,65
41,50	0,46	7,28	1,94	1,40	1,15	0,99	0,89	0,82	0,76	15,24
42,00	0,44	7,09	1,89	1,36	1,12	0,97	0,87	0,80	0,74	14,84
42,50	0,43	6,91	1,84	1,33	1,09	0,94	0,85	0,78	0,72	14,45
43,00	0,42	6,73	1,80	1,29	1,06	0,92	0,82	0,76	0,71	14,07
43,50	0,41	6,55	1,75	1,26	1,03	0,89	0,80	0,74	0,69	13,70
44,00	0,40	6,38	1,70	1,23	1,00	0,87	0,78	0,72	0,67	13,34
44,50	0,39	6,21	1,66	1,19	0,98	0,85	0,76	0,70	0,65	12,99
45,00	0,38	6,05	1,61	1,16	0,95	0,82	0,74	0,68	0,63	12,65
45,50	0,37	5,89	1,57	1,13	0,93	0,80	0,72	0,66	0,62	12,32
46,00	0,36	5,73	1,53	1,10	0,90	0,78	0,70	0,64	0,60	12,00
46,50	0,35	5,58	1,49	1,07	0,88	0,76	0,68	0,63	0,59	11,68
47,00	0,34	5,44	1,45	1,05	0,85	0,74	0,67	0,61	0,57	11,37
47,50	0,33	5,29	1,41	1,02	0,83	0,72	0,65	0,59	0,56	11,08
48,00	0,32	5,15	1,38	0,99	0,81	0,70	0,63	0,58	0,54	10,78
48,50	0,31	5,02	1,34	0,97	0,79	0,68	0,61	0,56	0,53	10,50
49,00	0,31	4,89	1,30	0,94	0,77	0,67	0,60	0,55	0,51	10,23
49,50	0,30	4,76	1,27	0,92	0,75	0,65	0,58	0,53	0,50	9,96

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Qbanjir
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		15,96	4,15	2,91	2,32	1,96	1,71	1,53	1,39	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
50,00	0,29	4,63	1,24	0,89	0,73	0,63	0,57	0,52	0,49	9,70
Qmax =										189,67

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu DAS Kali Kamoning dengan Kala Ulang 10 Tahun Setelah Alih Fungsi Lahan

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Qbanjir
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		17,86	4,64	3,26	2,59	2,19	1,91	1,71	1,56	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
0,00	0,00	-								0,00
0,50	0,01	0,24	-							0,24
1,00	0,07	1,29	0,06	-						1,35
1,50	0,19	3,41	0,33	0,04	-					3,79
2,00	0,38	6,80	0,89	0,23	0,04	-				7,96
2,50	0,65	11,62	1,77	0,62	0,19	0,03	-			14,22
3,00	1,01	17,99	3,02	1,24	0,49	0,16	0,03	-		22,93
3,50	1,46	26,05	4,68	2,12	0,99	0,42	0,14	0,02	-	34,41
4,00	2,01	35,89	6,77	3,28	1,69	0,83	0,37	0,12	0,02	48,97
4,50	2,67	47,62	9,33	4,75	2,61	1,42	0,73	0,33	0,11	66,90
5,00	3,43	61,32	12,38	6,54	3,78	2,21	1,24	0,65	0,30	88,42
5,50	4,32	77,08	15,94	8,68	5,21	3,19	1,93	1,11	0,59	113,73
6,00	5,32	94,98	20,03	11,18	6,91	4,40	2,79	1,72	1,01	143,03
6,50	6,44	115,09	24,69	14,05	8,90	5,84	3,85	2,50	1,57	176,48
7,00	6,98	124,73	29,92	17,32	11,19	7,52	5,10	3,44	2,27	201,47
7,50	6,62	118,26	32,42	20,98	13,79	9,45	6,57	4,56	3,13	209,16
8,00	6,28	112,13	30,74	22,74	16,71	11,64	8,26	5,87	4,15	212,24
8,50	5,95	106,32	29,15	21,56	18,10	14,11	10,18	7,38	5,34	212,14
9,00	5,64	100,81	27,63	20,45	17,17	15,29	12,33	9,10	6,71	209,49
9,50	5,35	95,58	26,20	19,39	16,28	14,50	13,36	11,03	8,27	204,60
10,00	5,07	90,63	24,84	18,38	15,43	13,74	12,67	11,95	10,02	197,67
10,50	4,81	85,93	23,56	17,43	14,63	13,03	12,01	11,33	10,86	188,78
11,00	4,56	81,48	22,34	16,52	13,87	12,36	11,39	10,74	10,30	179,00
11,50	4,33	77,25	21,18	15,67	13,15	11,72	10,80	10,19	9,76	169,72
12,00	4,10	73,25	20,08	14,86	12,47	11,11	10,24	9,66	9,26	160,92
12,50	3,89	69,45	19,04	14,09	11,83	10,53	9,71	9,16	8,78	152,58
13,00	3,69	65,85	18,05	13,36	11,21	9,99	9,21	8,68	8,32	144,67
13,50	3,50	62,44	17,12	12,66	10,63	9,47	8,73	8,23	7,89	137,17
14,00	3,31	59,20	16,23	12,01	10,08	8,98	8,28	7,81	7,48	130,06
14,50	3,14	56,13	15,39	11,38	9,56	8,51	7,85	7,40	7,09	123,32

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		17,86	4,64	3,26	2,59	2,19	1,91	1,71	1,56	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
15,00	2,98	53,22	14,59	10,79	9,06	8,07	7,44	7,02	6,73	116,93
15,50	2,83	50,46	13,83	10,23	8,59	7,65	7,06	6,65	6,38	110,87
16,00	2,68	47,85	13,12	9,70	8,15	7,26	6,69	6,31	6,05	105,12
16,50	2,54	45,37	12,44	9,20	7,73	6,88	6,34	5,98	5,73	99,67
17,00	2,41	43,02	11,79	8,72	7,32	6,52	6,01	5,67	5,44	94,50
17,50	2,28	40,79	11,18	8,27	6,95	6,19	5,70	5,38	5,15	89,60
18,00	2,17	38,67	10,60	7,84	6,59	5,86	5,41	5,10	4,89	84,96
18,50	2,08	37,20	10,05	7,44	6,24	5,56	5,13	4,83	4,63	81,09
19,00	2,01	35,90	9,67	7,05	5,92	5,27	4,86	4,58	4,39	77,65
19,50	1,94	34,65	9,33	6,78	5,61	5,00	4,61	4,35	4,17	74,50
20,00	1,87	33,44	9,01	6,55	5,40	4,74	4,37	4,12	3,95	71,57
20,50	1,81	32,28	8,69	6,32	5,21	4,56	4,14	3,91	3,75	68,85
21,00	1,74	31,15	8,39	6,10	5,03	4,40	3,99	3,71	3,55	66,31
21,50	1,68	30,06	8,10	5,88	4,85	4,25	3,85	3,56	3,37	63,92
22,00	1,62	29,02	7,81	5,68	4,68	4,10	3,71	3,44	3,24	61,68
22,50	1,57	28,00	7,54	5,48	4,52	3,96	3,58	3,32	3,13	59,53
23,00	1,51	27,03	7,28	5,29	4,36	3,82	3,46	3,20	3,02	57,46
23,50	1,46	26,09	7,03	5,11	4,21	3,69	3,34	3,09	2,91	55,46
24,00	1,41	25,18	6,78	4,93	4,06	3,56	3,22	2,98	2,81	53,52
24,50	1,36	24,30	6,54	4,76	3,92	3,43	3,11	2,88	2,71	51,66
25,00	1,31	23,45	6,32	4,59	3,79	3,31	3,00	2,78	2,62	49,86
25,50	1,27	22,63	6,10	4,43	3,65	3,20	2,90	2,68	2,53	48,12
26,00	1,22	21,84	5,88	4,28	3,53	3,09	2,79	2,59	2,44	46,44
26,50	1,18	21,08	5,68	4,13	3,40	2,98	2,70	2,50	2,35	44,82
27,00	1,14	20,35	5,48	3,98	3,29	2,87	2,60	2,41	2,27	43,26
27,50	1,10	19,64	5,29	3,84	3,17	2,77	2,51	2,33	2,19	41,75
28,00	1,06	18,95	5,10	3,71	3,06	2,68	2,43	2,25	2,12	40,29
28,50	1,02	18,29	4,93	3,58	2,95	2,58	2,34	2,17	2,04	38,89
29,00	0,99	17,66	4,75	3,46	2,85	2,49	2,26	2,09	1,97	37,53
29,50	0,95	17,04	4,59	3,34	2,75	2,41	2,18	2,02	1,90	36,22
30,00	0,92	16,45	4,43	3,22	2,66	2,32	2,10	1,95	1,84	34,96
30,50	0,89	15,87	4,27	3,11	2,56	2,24	2,03	1,88	1,77	33,74
31,00	0,86	15,32	4,13	3,00	2,47	2,16	1,96	1,82	1,71	32,57
31,50	0,83	14,79	3,98	2,89	2,39	2,09	1,89	1,75	1,65	31,43
32,00	0,80	14,27	3,84	2,79	2,30	2,02	1,83	1,69	1,59	30,34
32,50	0,77	13,77	3,71	2,70	2,22	1,95	1,76	1,63	1,54	29,28
33,00	0,74	13,29	3,58	2,60	2,15	1,88	1,70	1,58	1,48	28,26
33,50	0,72	12,83	3,45	2,51	2,07	1,81	1,64	1,52	1,43	27,27
34,00	0,69	12,38	3,33	2,42	2,00	1,75	1,58	1,47	1,38	26,32
34,50	0,67	11,95	3,22	2,34	1,93	1,69	1,53	1,42	1,33	25,40
35,00	0,65	11,53	3,11	2,26	1,86	1,63	1,48	1,37	1,29	24,52

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Qbanjir
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		17,86	4,64	3,26	2,59	2,19	1,91	1,71	1,56	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
35,50	0,63	11,22	3,00	2,18	1,80	1,57	1,42	1,32	1,24	23,75
36,00	0,61	10,92	2,92	2,10	1,73	1,52	1,37	1,27	1,20	23,04
36,50	0,60	10,64	2,84	2,05	1,67	1,46	1,33	1,23	1,16	22,37
37,00	0,58	10,36	2,76	1,99	1,63	1,41	1,28	1,19	1,12	21,74
37,50	0,56	10,09	2,69	1,94	1,59	1,38	1,24	1,14	1,08	21,14
38,00	0,55	9,82	2,62	1,89	1,54	1,34	1,20	1,10	1,04	20,56
38,50	0,54	9,56	2,55	1,84	1,50	1,30	1,17	1,07	1,00	20,01
39,00	0,52	9,31	2,49	1,79	1,46	1,27	1,14	1,05	0,98	19,48
39,50	0,51	9,07	2,42	1,74	1,43	1,24	1,11	1,02	0,95	18,97
40,00	0,49	8,83	2,36	1,70	1,39	1,20	1,08	0,99	0,93	18,47
40,50	0,48	8,60	2,29	1,65	1,35	1,17	1,05	0,97	0,90	17,99
41,00	0,47	8,37	2,23	1,61	1,32	1,14	1,02	0,94	0,88	17,52
41,50	0,46	8,15	2,18	1,57	1,28	1,11	1,00	0,92	0,86	17,06
42,00	0,44	7,94	2,12	1,53	1,25	1,08	0,97	0,89	0,83	16,61
42,50	0,43	7,73	2,06	1,49	1,22	1,05	0,95	0,87	0,81	16,17
43,00	0,42	7,53	2,01	1,45	1,18	1,03	0,92	0,85	0,79	15,75
43,50	0,41	7,33	1,96	1,41	1,15	1,00	0,90	0,82	0,77	15,33
44,00	0,40	7,14	1,90	1,37	1,12	0,97	0,87	0,80	0,75	14,93
44,50	0,39	6,95	1,85	1,34	1,09	0,95	0,85	0,78	0,73	14,54
45,00	0,38	6,77	1,81	1,30	1,06	0,92	0,83	0,76	0,71	14,16
45,50	0,37	6,59	1,76	1,27	1,04	0,90	0,81	0,74	0,69	13,79
46,00	0,36	6,42	1,71	1,23	1,01	0,87	0,79	0,72	0,67	13,42
46,50	0,35	6,25	1,67	1,20	0,98	0,85	0,76	0,70	0,66	13,07
47,00	0,34	6,08	1,62	1,17	0,96	0,83	0,74	0,68	0,64	12,73
47,50	0,33	5,92	1,58	1,14	0,93	0,81	0,72	0,67	0,62	12,39
48,00	0,32	5,77	1,54	1,11	0,91	0,79	0,71	0,65	0,60	12,07
48,50	0,31	5,62	1,50	1,08	0,88	0,77	0,69	0,63	0,59	11,75
49,00	0,31	5,47	1,46	1,05	0,86	0,75	0,67	0,61	0,57	11,44
49,50	0,30	5,32	1,42	1,02	0,84	0,73	0,65	0,60	0,56	11,14
50,00	0,29	5,18	1,38	1,00	0,82	0,71	0,63	0,58	0,54	10,85
Qmax =										212,24

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu DAS
Kali Kamoning dengan Kala Ulang 25 Tahun Setelah Alih Fungsi Lahan**

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		20,17	5,24	3,68	2,93	2,47	2,16	1,93	1,76	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
0,00	0,00	-								0,00
0,50	0,01	0,28	-							0,28
1,00	0,07	1,46	0,07	-						1,53
1,50	0,19	3,85	0,38	0,05	-					4,28
2,00	0,38	7,68	1,00	0,27	0,04	-				8,99
2,50	0,65	13,12	2,00	0,70	0,21	0,03	-			16,07
3,00	1,01	20,33	3,41	1,40	0,56	0,18	0,03	-		25,90
3,50	1,46	29,42	5,28	2,39	1,11	0,47	0,16	0,03	-	38,87
4,00	2,01	40,54	7,65	3,71	1,90	0,94	0,41	0,14	0,02	55,32
4,50	2,67	53,79	10,54	5,36	2,95	1,61	0,82	0,37	0,13	75,56
5,00	3,43	69,26	13,98	7,39	4,27	2,49	1,41	0,74	0,34	99,87
5,50	4,32	87,06	18,00	9,81	5,88	3,61	2,18	1,26	0,67	128,46
6,00	5,32	107,28	22,63	12,63	7,81	4,97	3,15	1,95	1,14	161,55
6,50	6,44	130,00	27,88	15,87	10,05	6,59	4,34	2,82	1,77	199,34
7,00	6,98	140,88	33,79	19,56	12,64	8,49	5,76	3,88	2,56	227,57
7,50	6,62	133,58	36,62	23,70	15,57	10,67	7,42	5,15	3,53	236,25
8,00	6,28	126,66	34,72	25,69	18,87	13,15	9,33	6,64	4,68	239,73
8,50	5,95	120,09	32,92	24,36	20,45	15,93	11,49	8,34	6,03	239,62
9,00	5,64	113,87	31,21	23,09	19,39	17,27	13,93	10,28	7,58	236,62
9,50	5,35	107,96	29,60	21,90	18,38	16,37	15,09	12,46	9,34	231,10
10,00	5,07	102,37	28,06	20,76	17,43	15,52	14,31	13,50	11,32	223,27
10,50	4,81	97,06	26,61	19,68	16,53	14,72	13,57	12,80	12,27	213,23
11,00	4,56	92,03	25,23	18,66	15,67	13,96	12,87	12,13	11,63	202,18
11,50	4,33	87,26	23,92	17,70	14,86	13,23	12,20	11,51	11,03	191,70
12,00	4,10	82,73	22,68	16,78	14,09	12,55	11,57	10,91	10,46	181,76
12,50	3,89	78,45	21,50	15,91	13,36	11,90	10,97	10,34	9,91	172,34
13,00	3,69	74,38	20,39	15,08	12,67	11,28	10,40	9,81	9,40	163,41
13,50	3,50	70,52	19,33	14,30	12,01	10,70	9,86	9,30	8,91	154,94
14,00	3,31	66,87	18,33	13,56	11,39	10,14	9,35	8,82	8,45	146,91
14,50	3,14	63,40	17,38	12,86	10,80	9,62	8,86	8,36	8,01	139,29
15,00	2,98	60,12	16,48	12,19	10,24	9,12	8,41	7,93	7,60	132,07
15,50	2,83	57,00	15,63	11,56	9,71	8,64	7,97	7,52	7,20	125,22
16,00	2,68	54,04	14,82	10,96	9,20	8,20	7,56	7,13	6,83	118,73
16,50	2,54	51,24	14,05	10,39	8,73	7,77	7,16	6,76	6,48	112,58
17,00	2,41	48,59	13,32	9,85	8,27	7,37	6,79	6,41	6,14	106,74
17,50	2,28	46,07	12,63	9,34	7,84	6,99	6,44	6,07	5,82	101,21
18,00	2,17	43,68	11,97	8,86	7,44	6,62	6,11	5,76	5,52	95,96
18,50	2,08	42,02	11,35	8,40	7,05	6,28	5,79	5,46	5,23	91,59
19,00	2,01	40,55	10,92	7,96	6,69	5,96	5,49	5,18	4,96	87,71
19,50	1,94	39,14	10,54	7,66	6,34	5,65	5,21	4,91	4,71	84,15
20,00	1,87	37,77	10,17	7,39	6,10	5,35	4,94	4,66	4,46	80,84
20,50	1,81	36,46	9,82	7,14	5,89	5,15	4,68	4,41	4,23	77,77
21,00	1,74	35,18	9,48	6,89	5,68	4,97	4,50	4,19	4,01	74,90

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		20,17	5,24	3,68	2,93	2,47	2,16	1,93	1,76	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
21,50	1,68	33,96	9,15	6,65	5,48	4,80	4,34	4,03	3,80	72,20
22,00	1,62	32,77	8,83	6,42	5,29	4,63	4,19	3,89	3,66	69,67
22,50	1,57	31,63	8,52	6,19	5,11	4,47	4,05	3,75	3,53	67,24
23,00	1,51	30,53	8,22	5,98	4,93	4,31	3,91	3,62	3,41	64,90
23,50	1,46	29,46	7,94	5,77	4,76	4,16	3,77	3,49	3,29	62,64
24,00	1,41	28,44	7,66	5,57	4,59	4,02	3,64	3,37	3,17	60,45
24,50	1,36	27,45	7,39	5,37	4,43	3,88	3,51	3,25	3,06	58,35
25,00	1,31	26,49	7,13	5,18	4,28	3,74	3,39	3,14	2,96	56,31
25,50	1,27	25,57	6,88	5,00	4,13	3,61	3,27	3,03	2,85	54,35
26,00	1,22	24,67	6,64	4,83	3,98	3,49	3,16	2,92	2,75	52,45
26,50	1,18	23,81	6,41	4,66	3,84	3,36	3,05	2,82	2,66	50,63
27,00	1,14	22,98	6,19	4,50	3,71	3,25	2,94	2,72	2,57	48,86
27,50	1,10	22,18	5,97	4,34	3,58	3,13	2,84	2,63	2,48	47,16
28,00	1,06	21,41	5,77	4,19	3,46	3,02	2,74	2,54	2,39	45,51
28,50	1,02	20,66	5,56	4,04	3,34	2,92	2,64	2,45	2,31	43,93
29,00	0,99	19,94	5,37	3,90	3,22	2,82	2,55	2,36	2,23	42,39
29,50	0,95	19,25	5,18	3,77	3,11	2,72	2,46	2,28	2,15	40,92
30,00	0,92	18,58	5,00	3,64	3,00	2,62	2,38	2,20	2,07	39,49
30,50	0,89	17,93	4,83	3,51	2,89	2,53	2,29	2,13	2,00	38,11
31,00	0,86	17,30	4,66	3,39	2,79	2,44	2,21	2,05	1,93	36,78
31,50	0,83	16,70	4,50	3,27	2,70	2,36	2,14	1,98	1,86	35,50
32,00	0,80	16,12	4,34	3,15	2,60	2,28	2,06	1,91	1,80	34,26
32,50	0,77	15,56	4,19	3,04	2,51	2,20	1,99	1,84	1,74	33,07
33,00	0,74	15,01	4,04	2,94	2,42	2,12	1,92	1,78	1,68	31,92
33,50	0,72	14,49	3,90	2,84	2,34	2,05	1,85	1,72	1,62	30,80
34,00	0,69	13,98	3,77	2,74	2,26	1,98	1,79	1,66	1,56	29,73
34,50	0,67	13,50	3,63	2,64	2,18	1,91	1,73	1,60	1,51	28,69
35,00	0,65	13,03	3,51	2,55	2,10	1,84	1,67	1,54	1,45	27,69
35,50	0,63	12,67	3,39	2,46	2,03	1,78	1,61	1,49	1,40	26,83
36,00	0,61	12,34	3,29	2,38	1,96	1,71	1,55	1,44	1,35	26,03
36,50	0,60	12,01	3,21	2,31	1,89	1,65	1,50	1,39	1,31	25,27
37,00	0,58	11,70	3,12	2,25	1,84	1,60	1,45	1,34	1,26	24,56
37,50	0,56	11,39	3,04	2,19	1,79	1,55	1,40	1,29	1,22	23,87
38,00	0,55	11,09	2,96	2,13	1,74	1,51	1,36	1,25	1,18	23,22
38,50	0,54	10,80	2,88	2,08	1,70	1,47	1,32	1,21	1,13	22,60
39,00	0,52	10,52	2,81	2,02	1,65	1,43	1,29	1,18	1,10	22,01
39,50	0,51	10,24	2,73	1,97	1,61	1,40	1,25	1,15	1,07	21,43
40,00	0,49	9,97	2,66	1,92	1,57	1,36	1,22	1,12	1,05	20,87
40,50	0,48	9,71	2,59	1,87	1,53	1,32	1,19	1,09	1,02	20,32
41,00	0,47	9,46	2,52	1,82	1,49	1,29	1,16	1,06	0,99	19,79
41,50	0,46	9,21	2,46	1,77	1,45	1,26	1,13	1,03	0,97	19,27
42,00	0,44	8,97	2,39	1,72	1,41	1,22	1,10	1,01	0,94	18,76
42,50	0,43	8,73	2,33	1,68	1,37	1,19	1,07	0,98	0,92	18,27
43,00	0,42	8,50	2,27	1,63	1,34	1,16	1,04	0,96	0,89	17,79
43,50	0,41	8,28	2,21	1,59	1,30	1,13	1,01	0,93	0,87	17,32
44,00	0,40	8,06	2,15	1,55	1,27	1,10	0,99	0,91	0,85	16,87

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		20,17	5,24	3,68	2,93	2,47	2,16	1,93	1,76	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
44,50	0,39	7,85	2,09	1,51	1,23	1,07	0,96	0,88	0,82	16,42
45,00	0,38	7,64	2,04	1,47	1,20	1,04	0,94	0,86	0,80	15,99
45,50	0,37	7,44	1,99	1,43	1,17	1,01	0,91	0,84	0,78	15,57
46,00	0,36	7,25	1,93	1,39	1,14	0,99	0,89	0,81	0,76	15,16
46,50	0,35	7,06	1,88	1,36	1,11	0,96	0,86	0,79	0,74	14,76
47,00	0,34	6,87	1,83	1,32	1,08	0,94	0,84	0,77	0,72	14,38
47,50	0,33	6,69	1,79	1,29	1,05	0,91	0,82	0,75	0,70	14,00
48,00	0,32	6,51	1,74	1,25	1,02	0,89	0,80	0,73	0,68	13,63
48,50	0,31	6,34	1,69	1,22	1,00	0,86	0,78	0,71	0,67	13,27
49,00	0,31	6,18	1,65	1,19	0,97	0,84	0,76	0,69	0,65	12,92
49,50	0,30	6,01	1,61	1,16	0,95	0,82	0,74	0,68	0,63	12,58
50,00	0,29	5,86	1,56	1,13	0,92	0,80	0,72	0,66	0,61	12,25
Q_{mak} =										239,73

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu DAS Kali Kamoning dengan Kala Ulang 100 Tahun Setelah Alih Fungsi Lahan

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		23,49	6,11	4,28	3,41	2,88	2,52	2,25	2,05	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
0,00	0,00	-								0,00
0,50	0,01	0,32	-							0,32
1,00	0,07	1,69	0,08	-						1,78
1,50	0,19	4,48	0,44	0,06	-					4,98
2,00	0,38	8,94	1,17	0,31	0,05	-				10,46
2,50	0,65	15,28	2,32	0,82	0,25	0,04	-			18,71
3,00	1,01	23,67	3,97	1,63	0,65	0,21	0,03	-		30,16
3,50	1,46	34,26	6,15	2,79	1,30	0,55	0,18	0,03	-	45,26
4,00	2,01	47,20	8,91	4,32	2,22	1,10	0,48	0,16	0,03	64,41
4,50	2,67	62,63	12,27	6,25	3,44	1,87	0,96	0,43	0,15	87,99
5,00	3,43	80,64	16,28	8,61	4,97	2,90	1,64	0,86	0,39	116,29
5,50	4,32	101,37	20,96	11,42	6,85	4,20	2,54	1,46	0,78	149,58
6,00	5,32	124,91	26,35	14,70	9,09	5,79	3,67	2,27	1,33	188,11
6,50	6,44	151,37	32,47	18,48	11,71	7,68	5,06	3,28	2,06	232,10
7,00	6,98	164,04	39,34	22,77	14,71	9,88	6,71	4,52	2,98	264,97
7,50	6,62	155,54	42,64	27,60	18,13	12,43	8,64	6,00	4,11	275,08
8,00	6,28	147,47	40,43	29,91	21,97	15,31	10,86	7,73	5,45	279,13
8,50	5,95	139,83	38,33	28,36	23,81	18,55	13,38	9,71	7,02	279,00
9,00	5,64	132,58	36,34	26,89	22,58	20,11	16,22	11,97	8,83	275,51
9,50	5,35	125,71	34,46	25,49	21,41	19,06	17,58	14,50	10,88	269,09
10,00	5,07	119,19	32,67	24,17	20,30	18,08	16,66	15,72	13,18	259,97
10,50	4,81	113,01	30,98	22,92	19,24	17,14	15,80	14,90	14,28	248,28
11,00	4,56	107,15	29,37	21,73	18,25	16,25	14,98	14,13	13,54	235,41
11,50	4,33	101,60	27,85	20,61	17,30	15,41	14,21	13,40	12,84	223,21
12,00	4,10	96,33	26,41	19,54	16,40	14,61	13,47	12,70	12,17	211,64

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		23,49	6,11	4,28	3,41	2,88	2,52	2,25	2,05	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
12,50	3,89	91,34	25,04	18,52	15,55	13,85	12,77	12,04	11,54	200,67
13,00	3,69	86,61	23,74	17,56	14,75	13,13	12,11	11,42	10,95	190,27
13,50	3,50	82,12	22,51	16,65	13,98	12,45	11,48	10,83	10,38	180,40
14,00	3,31	77,86	21,34	15,79	13,26	11,81	10,89	10,27	9,84	171,05
14,50	3,14	73,82	20,24	14,97	12,57	11,20	10,32	9,73	9,33	162,19
15,00	2,98	70,00	19,19	14,20	11,92	10,62	9,79	9,23	8,85	153,78
15,50	2,83	66,37	18,19	13,46	11,30	10,07	9,28	8,75	8,39	145,81
16,00	2,68	62,93	17,25	12,76	10,72	9,54	8,80	8,30	7,95	138,25
16,50	2,54	59,67	16,36	12,10	10,16	9,05	8,34	7,87	7,54	131,08
17,00	2,41	56,57	15,51	11,47	9,63	8,58	7,91	7,46	7,15	124,29
17,50	2,28	53,64	14,70	10,88	9,13	8,14	7,50	7,07	6,78	117,84
18,00	2,17	50,86	13,94	10,31	8,66	7,71	7,11	6,71	6,43	111,74
18,50	2,08	48,92	13,22	9,78	8,21	7,31	6,74	6,36	6,09	106,64
19,00	2,01	47,22	12,72	9,27	7,79	6,93	6,39	6,03	5,78	102,13
19,50	1,94	45,57	12,27	8,92	7,38	6,57	6,06	5,72	5,48	97,98
20,00	1,87	43,98	11,84	8,61	7,10	6,23	5,75	5,42	5,20	94,13
20,50	1,81	42,45	11,43	8,31	6,85	6,00	5,45	5,14	4,93	90,55
21,00	1,74	40,97	11,03	8,02	6,61	5,79	5,24	4,87	4,67	87,21
21,50	1,68	39,54	10,65	7,74	6,38	5,59	5,06	4,69	4,43	84,07
22,00	1,62	38,16	10,28	7,47	6,16	5,39	4,88	4,52	4,26	81,13
22,50	1,57	36,83	9,92	7,21	5,95	5,20	4,71	4,37	4,11	78,30
23,00	1,51	35,55	9,57	6,96	5,74	5,02	4,55	4,21	3,97	75,57
23,50	1,46	34,31	9,24	6,72	5,54	4,85	4,39	4,07	3,83	72,93
24,00	1,41	33,11	8,92	6,48	5,35	4,68	4,24	3,93	3,70	70,39
24,50	1,36	31,96	8,61	6,26	5,16	4,51	4,09	3,79	3,57	67,94
25,00	1,31	30,84	8,31	6,04	4,98	4,36	3,95	3,66	3,44	65,57
25,50	1,27	29,77	8,02	5,83	4,81	4,21	3,81	3,53	3,32	63,28
26,00	1,22	28,73	7,74	5,62	4,64	4,06	3,68	3,41	3,21	61,08
26,50	1,18	27,73	7,47	5,43	4,48	3,92	3,55	3,29	3,09	58,95
27,00	1,14	26,76	7,21	5,24	4,32	3,78	3,42	3,17	2,99	56,89
27,50	1,10	25,83	6,96	5,06	4,17	3,65	3,30	3,06	2,88	54,91
28,00	1,06	24,93	6,71	4,88	4,02	3,52	3,19	2,96	2,78	52,99
28,50	1,02	24,06	6,48	4,71	3,88	3,40	3,08	2,85	2,69	51,15
29,00	0,99	23,22	6,25	4,55	3,75	3,28	2,97	2,75	2,59	49,36
29,50	0,95	22,41	6,04	4,39	3,62	3,17	2,87	2,66	2,50	47,64
30,00	0,92	21,63	5,82	4,23	3,49	3,06	2,77	2,56	2,41	45,98
30,50	0,89	20,87	5,62	4,09	3,37	2,95	2,67	2,47	2,33	44,38
31,00	0,86	20,15	5,43	3,94	3,25	2,85	2,58	2,39	2,25	42,83
31,50	0,83	19,44	5,24	3,81	3,14	2,75	2,49	2,31	2,17	41,34
32,00	0,80	18,77	5,05	3,67	3,03	2,65	2,40	2,22	2,09	39,90
32,50	0,77	18,11	4,88	3,55	2,92	2,56	2,32	2,15	2,02	38,51
33,00	0,74	17,48	4,71	3,42	2,82	2,47	2,24	2,07	1,95	37,16
33,50	0,72	16,87	4,54	3,30	2,72	2,38	2,16	2,00	1,88	35,87
34,00	0,69	16,28	4,39	3,19	2,63	2,30	2,08	1,93	1,82	34,62
34,50	0,67	15,72	4,23	3,08	2,54	2,22	2,01	1,86	1,75	33,41
35,00	0,65	15,17	4,08	2,97	2,45	2,14	1,94	1,80	1,69	32,25
35,50	0,63	14,75	3,94	2,87	2,36	2,07	1,87	1,74	1,63	31,24
36,00	0,61	14,37	3,83	2,77	2,28	2,00	1,81	1,67	1,58	30,30
36,50	0,60	13,99	3,73	2,69	2,20	1,93	1,74	1,62	1,52	29,42
37,00	0,58	13,62	3,64	2,62	2,14	1,86	1,68	1,56	1,47	28,59
37,50	0,56	13,26	3,54	2,55	2,09	1,81	1,63	1,51	1,42	27,80
38,00	0,55	12,92	3,45	2,48	2,03	1,76	1,58	1,45	1,37	27,04
38,50	0,54	12,58	3,36	2,42	1,98	1,71	1,54	1,41	1,32	26,32

t	Qt	Hujan Jam-Jaman								Q _{banjir}
		R _{0,5}	R ₁	R _{1,5}	R ₂	R _{2,5}	R ₃	R _{3,5}	R ₄	
		23,49	6,11	4,28	3,41	2,88	2,52	2,25	2,05	
(jam)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m ³ /det)
39,00	0,52	12,25	3,27	2,35	1,93	1,67	1,50	1,38	1,28	25,62
39,50	0,51	11,92	3,18	2,29	1,87	1,63	1,46	1,34	1,25	24,95
40,00	0,49	11,61	3,10	2,23	1,83	1,58	1,42	1,31	1,22	24,30
40,50	0,48	11,31	3,02	2,17	1,78	1,54	1,38	1,27	1,19	23,66
41,00	0,47	11,01	2,94	2,12	1,73	1,50	1,35	1,24	1,15	23,04
41,50	0,46	10,72	2,86	2,06	1,69	1,46	1,31	1,20	1,12	22,43
42,00	0,44	10,44	2,79	2,01	1,64	1,42	1,28	1,17	1,10	21,84
42,50	0,43	10,16	2,71	1,95	1,60	1,39	1,24	1,14	1,07	21,27
43,00	0,42	9,90	2,64	1,90	1,56	1,35	1,21	1,11	1,04	20,71
43,50	0,41	9,64	2,57	1,85	1,52	1,31	1,18	1,08	1,01	20,17
44,00	0,40	9,38	2,51	1,80	1,48	1,28	1,15	1,05	0,98	19,64
44,50	0,39	9,14	2,44	1,76	1,44	1,25	1,12	1,03	0,96	19,12
45,00	0,38	8,90	2,38	1,71	1,40	1,21	1,09	1,00	0,93	18,62
45,50	0,37	8,66	2,31	1,67	1,36	1,18	1,06	0,97	0,91	18,13
46,00	0,36	8,44	2,25	1,62	1,33	1,15	1,03	0,95	0,89	17,65
46,50	0,35	8,22	2,19	1,58	1,29	1,12	1,01	0,92	0,86	17,19
47,00	0,34	8,00	2,14	1,54	1,26	1,09	0,98	0,90	0,84	16,74
47,50	0,33	7,79	2,08	1,50	1,22	1,06	0,95	0,88	0,82	16,30
48,00	0,32	7,58	2,02	1,46	1,19	1,03	0,93	0,85	0,80	15,87
48,50	0,31	7,39	1,97	1,42	1,16	1,01	0,90	0,83	0,77	15,45
49,00	0,31	7,19	1,92	1,38	1,13	0,98	0,88	0,81	0,75	15,05
49,50	0,30	7,00	1,87	1,35	1,10	0,95	0,86	0,79	0,73	14,65
50,00	0,29	6,82	1,82	1,31	1,07	0,93	0,83	0,77	0,72	14,27
Q _{mak} =										279,13

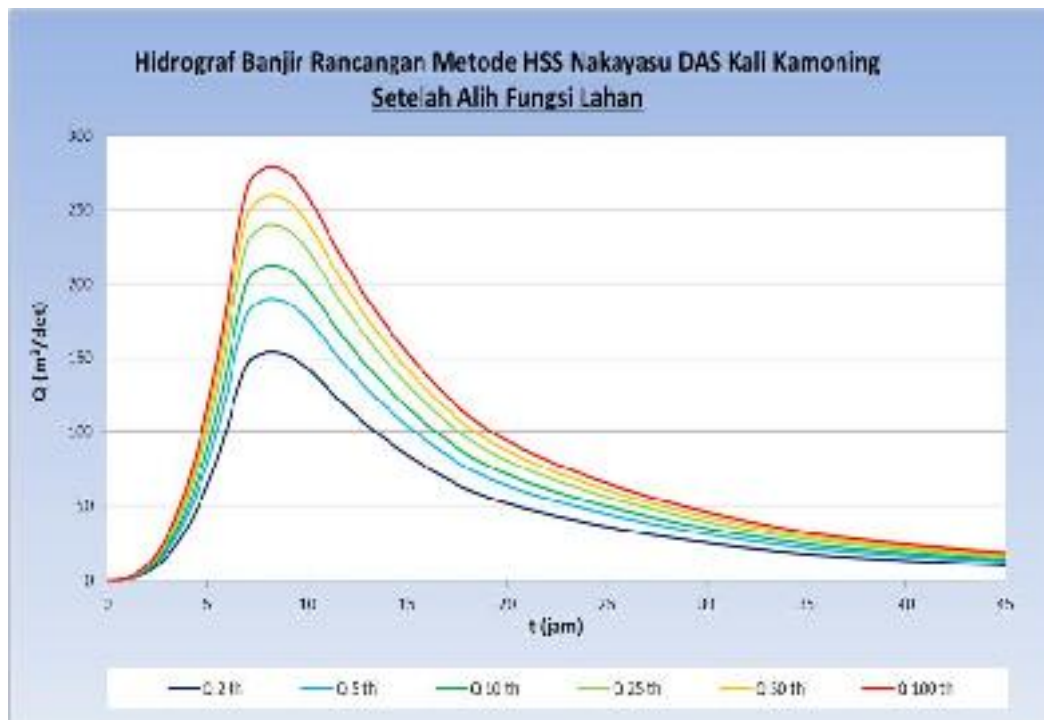
Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu DAS Kali
Kamoning Berbagai Kala Ulang Setelah Alih Fungsi Lahan**

No	Waktu	Qt	Debit Banjir Rancangan dengan Kala Ulang					
			Q 2 th	Q 5 th	Q 10 th	Q 25 th	Q 50 th	Q 100 th
	(jam)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)
1	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,50	0,0137	0,18	0,22	0,24	0,28	0,30	0,32
3	1,00	0,0721	0,98	1,21	1,35	1,53	1,65	1,78
4	1,50	0,1909	2,74	3,39	3,79	4,28	4,63	4,98
5	2,00	0,3807	5,76	7,11	7,96	8,99	9,73	10,46
6	2,50	0,6504	10,30	12,71	14,22	16,07	17,40	18,71
7	3,00	1,0075	16,62	20,49	22,93	25,90	28,05	30,16
8	3,50	1,4585	24,93	30,75	34,41	38,87	42,09	45,26
9	4,00	2,0095	35,48	43,77	48,97	55,32	59,90	64,41
10	4,50	2,6660	48,47	59,79	66,90	75,56	81,83	87,99
11	5,00	3,4330	64,06	79,02	88,42	99,87	108,15	116,29
12	5,50	4,3154	82,40	101,64	113,73	128,46	139,11	149,58
13	6,00	5,3175	103,62	127,82	143,03	161,55	174,95	188,11
14	6,50	6,4438	127,86	157,71	176,48	199,34	215,86	232,10
15	7,00	6,9832	145,97	180,05	201,47	227,57	246,43	264,97
16	7,50	6,6212	151,53	186,91	209,16	236,25	255,83	275,08
17	8,00	6,2780	153,77	189,67	212,24	239,73	259,60	279,13
18	8,50	5,9526	153,69	189,58	212,14	239,62	259,48	279,00
19	9,00	5,6440	151,77	187,21	209,49	236,62	256,23	275,51
20	9,50	5,3514	148,23	182,84	204,60	231,10	250,26	269,09
21	10,00	5,0740	143,21	176,65	197,67	223,27	241,78	259,97
22	10,50	4,8110	136,77	168,71	188,78	213,23	230,91	248,28
23	11,00	4,5616	129,68	159,96	179,00	202,18	218,94	235,41
24	11,50	4,3252	122,96	151,67	169,72	191,70	207,59	223,21
25	12,00	4,1010	116,59	143,81	160,92	181,76	196,83	211,64
26	12,50	3,8884	110,54	136,35	152,58	172,34	186,63	200,67
27	13,00	3,6868	104,81	129,28	144,67	163,41	176,95	190,27
28	13,50	3,4957	99,38	122,58	137,17	154,94	167,78	180,40
29	14,00	3,3145	94,23	116,23	130,06	146,91	159,08	171,05
30	14,50	3,1427	89,34	110,20	123,32	139,29	150,84	162,19
31	15,00	2,9798	84,71	104,49	116,93	132,07	143,02	153,78
32	15,50	2,8253	80,32	99,07	110,87	125,22	135,60	145,81
33	16,00	2,6789	76,16	93,94	105,12	118,73	128,58	138,25
34	16,50	2,5400	72,21	89,07	99,67	112,58	121,91	131,08
35	17,00	2,4083	68,47	84,45	94,50	106,74	115,59	124,29
36	17,50	2,2835	64,92	80,07	89,60	101,21	109,60	117,84
37	18,00	2,1651	61,55	75,92	84,96	95,96	103,92	111,74
38	18,50	2,0826	58,75	72,46	81,09	91,59	99,18	106,64



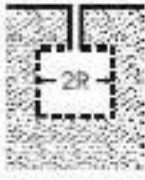
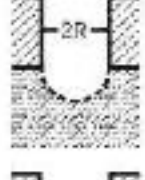

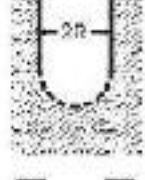
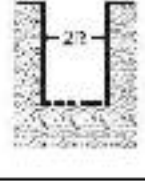
No	Waktu (jam)	Qt (m ³ /dt)	Debit Banjir Rancangan dengan Kala Ulang					
			Q 2 th	Q 5 th	Q 10 th	Q 25 th	Q 50 th	Q 100 th
			(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)
39	19,00	2,0100	56,26	69,39	77,65	87,71	94,98	102,13
40	19,50	1,9399	53,97	66,57	74,50	84,15	91,12	97,98
41	20,00	1,8723	51,85	63,96	71,57	80,84	87,55	94,13
42	20,50	1,8070	49,88	61,53	68,85	77,77	84,22	90,55
43	21,00	1,7440	48,04	59,26	66,31	74,90	81,10	87,21
44	21,50	1,6832	46,31	57,13	63,92	72,20	78,19	84,07
45	22,00	1,6245	44,69	55,12	61,68	69,67	75,45	81,13
46	22,50	1,5679	43,13	53,20	59,53	67,24	72,82	78,30
47	23,00	1,5132	41,63	51,35	57,46	64,90	70,28	75,57
48	23,50	1,4605	40,18	49,56	55,46	62,64	67,83	72,93
49	24,00	1,4095	38,78	47,83	53,52	60,45	65,47	70,39
50	24,50	1,3604	37,42	46,16	51,66	58,35	63,18	67,94
Q mak (m ³ /det)			153,77	189,67	212,24	239,73	259,60	279,13

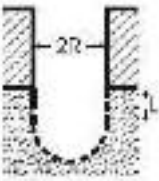
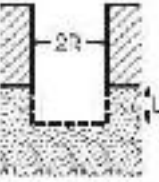
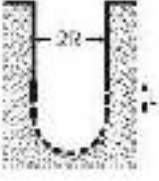
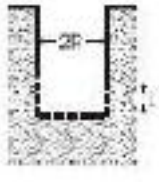

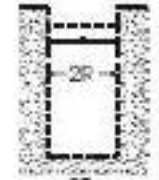
Sumber : Hasil Perhitungan

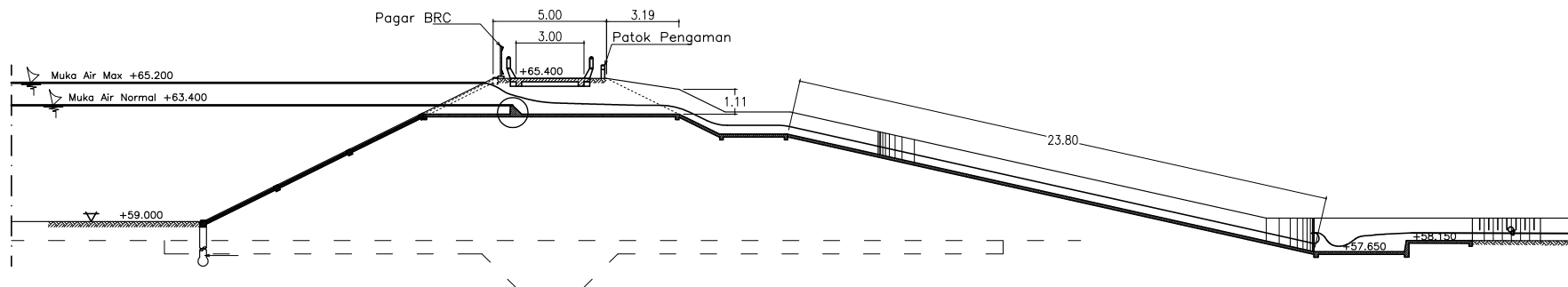


Gambar Hidrograf Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu Berbagai Kala Ulang DAS Kali Kamoning Setelah Alih Fungsi Lahan.

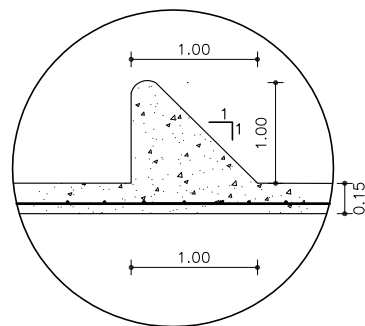
Tabel Nilai Faktor Geometrik (F) Sumur Resapan berdasarkan Beberapa Referensi.

No	Condition	Slope Factor of Well (F)	References
1		$\frac{2\pi L}{\ln \left[\frac{2(L+2R)}{R} + \sqrt{\left(\frac{2L}{R} \right)^2 + 1} \right]}$	Sunjoto (1939)
2a		$4 \pi R$	Samsioe (1931) Dachler (1936) Aravin (1965)
2b		$18 \cdot R$	Sunjoto (2002)
3a		$2 \pi R$	Samsioe (1931) Dachler (1936) Aravin (1965)
3b		$4 R$	Borchheimer (1930) Dachler (1936) Aravin (1965)
4a		$31 \cdot R$	Sunjoto (2002)
4b		$5.5 R$ $2 \pi R$	Harza (1935) Taylor (1948) Hvorslev (1951) Sunjoto (2002)

5a		$\frac{2\pi L + \pi^2 R \ln 2}{\ln \left\{ \frac{L + 2R}{R} + \sqrt{\left(\frac{L}{R} \right)^2 + 1} \right\}}$	Sunjoto (2002)
5b		$\frac{2\pi L}{\ln \left\{ \frac{L}{R} + \sqrt{\left(\frac{L}{R} \right)^2 + 1} \right\}}$ $\frac{2\pi(L - R \ln 2)}{\ln \left\{ \frac{L + 2R}{R} + \sqrt{\left(\frac{L}{R} \right)^2 + 1} \right\}}$	Dachler (1936) Sunjoto (2002)
6a		$\frac{2\pi L + \pi^2 R \ln 2}{\ln \left\{ \frac{L + 2R}{2R} + \sqrt{\left(\frac{L}{2R} \right)^2 + 1} \right\}}$	Sunjoto (2002)
6b		$\frac{2\pi L}{\ln \left\{ \frac{L}{2R} + \sqrt{\left(\frac{L}{2R} \right)^2 + 1} \right\}}$ $\frac{2\pi(L + R \ln 2)}{\ln \left\{ \frac{L + 2R}{2R} + \sqrt{\left(\frac{L}{2R} \right)^2 + 1} \right\}}$	Dachler (1936) Sunjoto (2002)
7a		$\frac{2\pi H + \pi^2 R \ln 2}{\ln \left\{ \frac{H + 2R}{3R} + \sqrt{\left(\frac{H}{3R} \right)^2 + 1} \right\}}$	Sunjoto (2002)
7b		$\frac{2\pi(H + R \ln 2)}{\ln \left\{ \frac{H + 2R}{3R} + \sqrt{\left(\frac{H}{3R} \right)^2 + 1} \right\}}$	Sunjoto (2002)




POTONGAN A-A

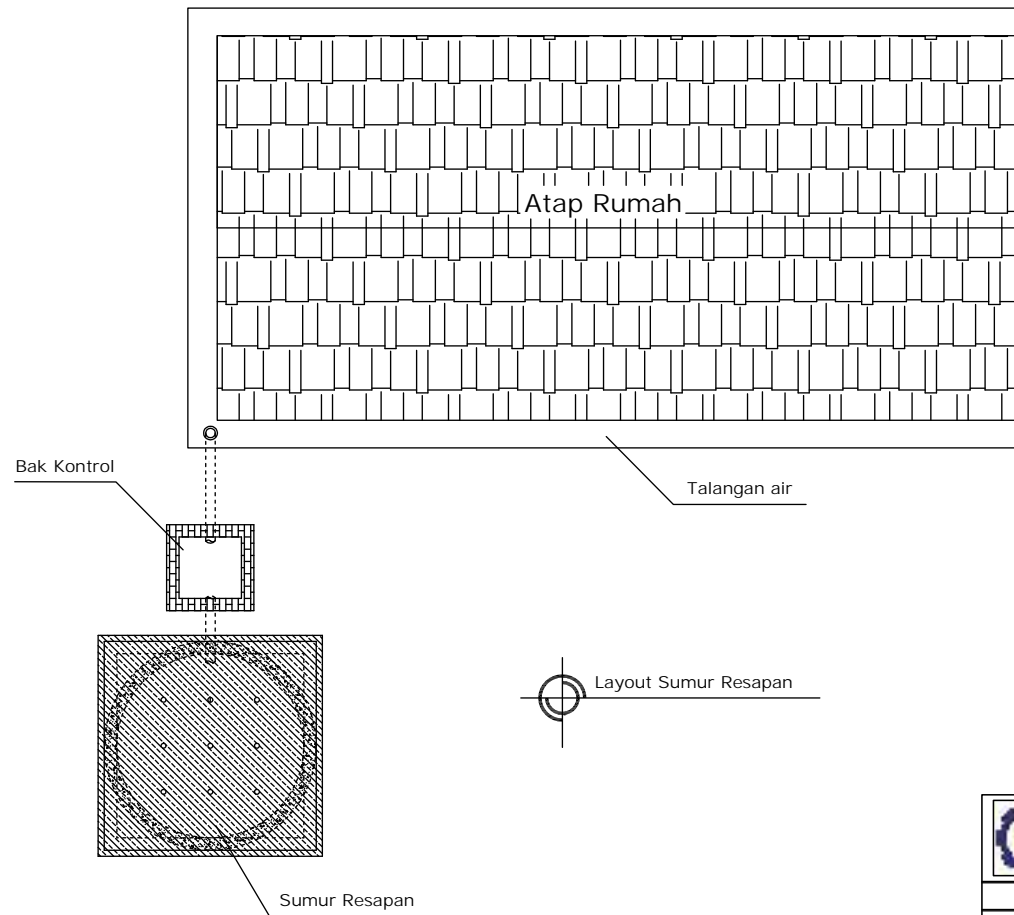



DETAIL PELIMPAH

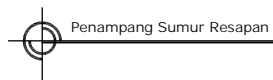
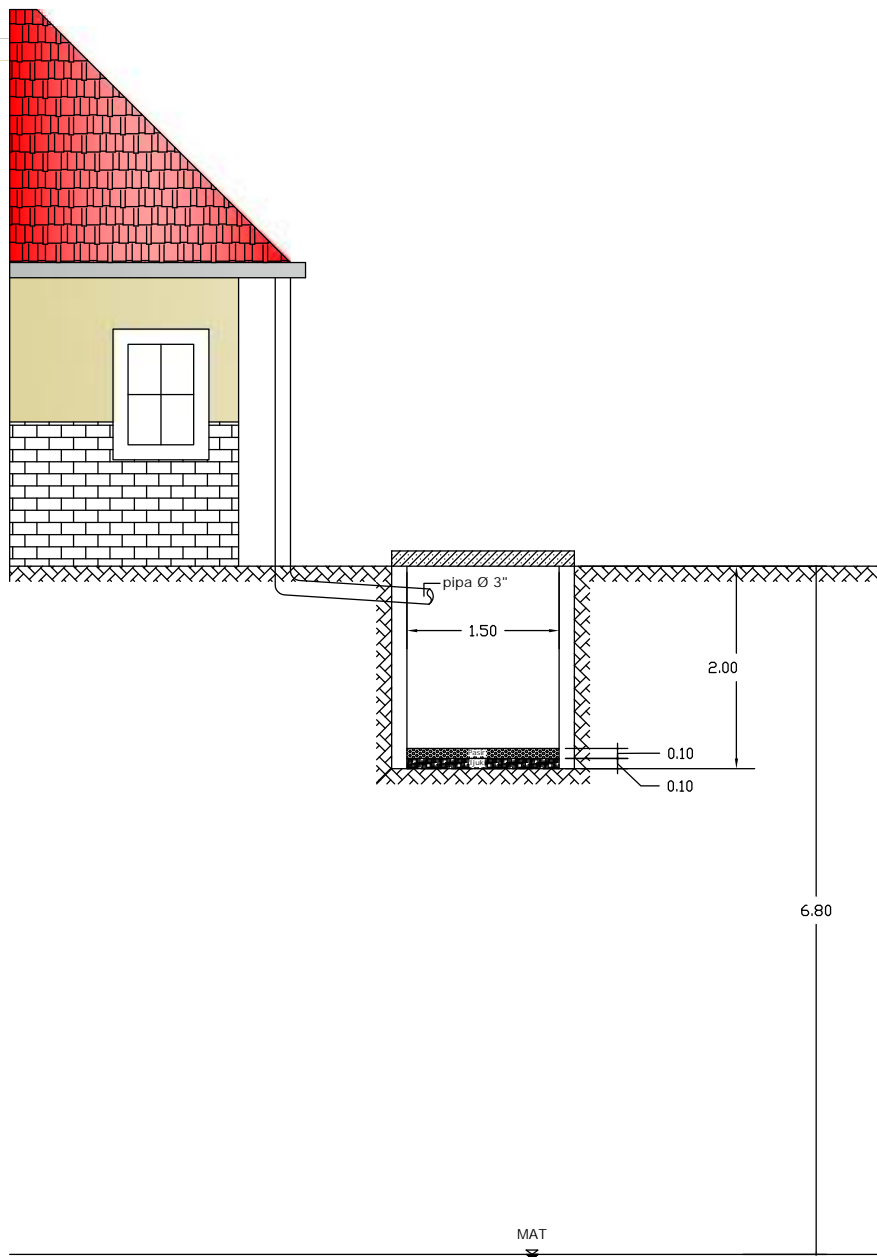
LEGENDA




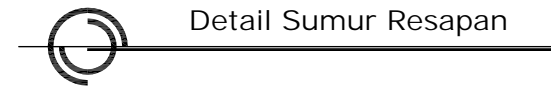
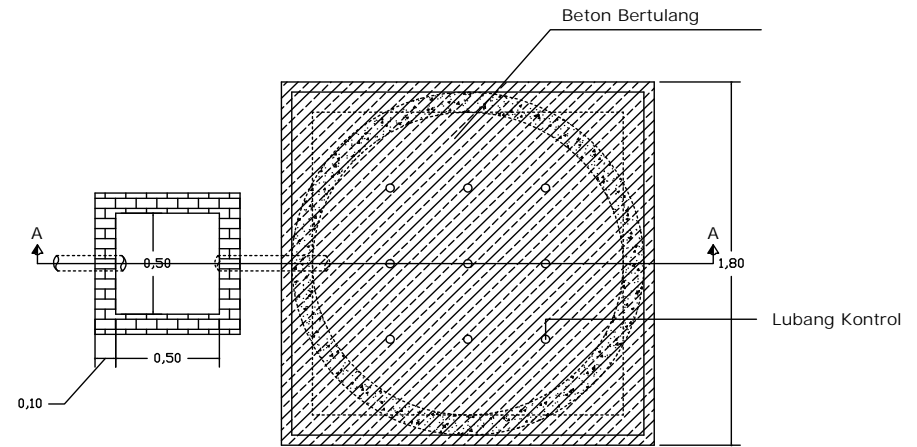
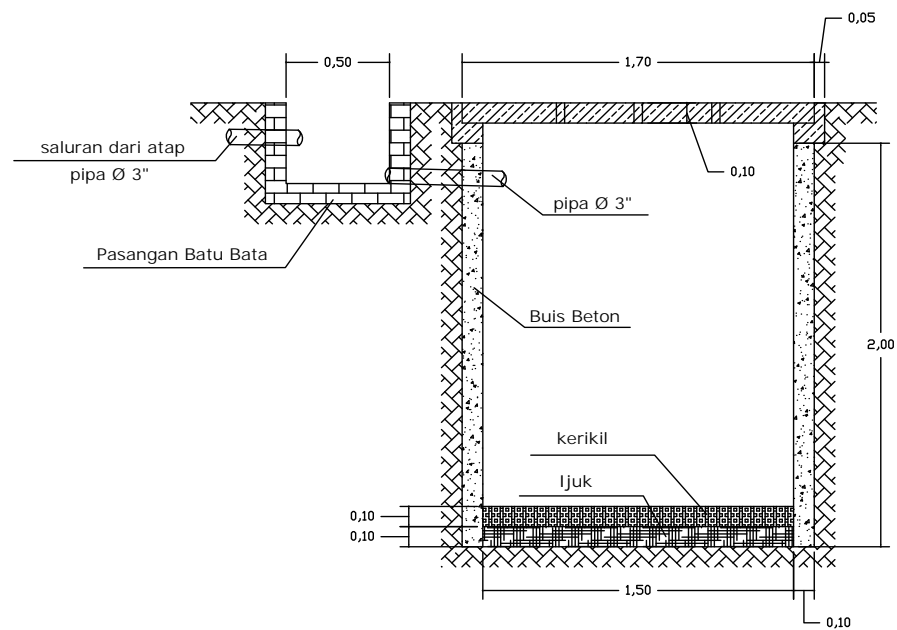
 MAGISTER TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER		
Judul Tesis		
Penerapan Sistem Ecodrainage Dalam Mengurangi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)		
Judul Gambar	No. Gambar	Keterangan
- POTONGAN A-A		
- DET. PELIMPAH		




 MAGISTER TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER		
Judul Tesis		
Penerapan Sistem Ecodrainage Dalam Mengurangi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)		
Judul Gambar	No. Gambar	Keterangan
Denah Sumur Resapan		



 MAGISTER TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER		
<u>Judul Tesis</u>		
Penerapan Sistem Ecodrainage Dalam Mengurangi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)		
Judul Gambar	No. Gambar	Keterangan
Penampang Sumur Resapan		



 MAGISTER TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER		
Judul Tesis		
Penerapan Sistem Ecodrainage Dalam Mengurangi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)		
Judul Gambar	No. Gambar	Keterangan
Detail Sumur Resapan		



BERITA ACARA
SEMINAR PROPOSAL TESIS
Semester Gasal 2016/ 2017

Pada

Hari, tanggal : Selasa, 09 Agustus 2016
Jam : 13.30 - 15.00
Tempat : R. Sidang Pascasarjana

telah dilaksanakan Seminar Proposal Tesis :

Tema Tesis : Penerapan Sistem Ecodrainage dalam Mengatasi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)

Nama Mahasiswa : FAUZAN ANDIKHA
Nrp. : 3314202804
Program Studi : S2 Teknik Lingkungan FTSP-ITS
Bidang Studi : Magister Teknik Sanitasi Lingkungan

Tanda Tangan : 

Berdasarkan hasil evaluasi penguji, dinyatakan bahwa proposal tersebut

1. diterima
2. ditolak

Saran-saran perbaikan :

- 18/8 W-O-Y
- Perbaikan peta wilayah study DAS
 - Tabel rekomendasi perlu diperjelas rekomendasi yg
 - perlu ditata sistem ecodrainage nya
 - Contoh terasering, jenis tanaman yg cocok tanam

- 19/8
1. Cara menghitung permukaan air : hitung persegi + rumus panjang
 2. Layout / peta kolam retensi / kolam resapan : desain + biaya

- 19/8
- Literatur ttg Ecodrain
 - beberapa gambar bab 3 selanjutnya di Bab 2
 - Gambar/peta display dari batas wilayah kec, Sangon, Jember, & pematang

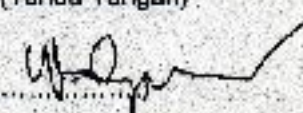

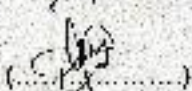
Pembimbing,

Adhi Yuniarto, ST., MT., PhD

Tim Penguji :

Nama

(Tanda Tangan)

1. Wahyono H 
2. E Soedjono 
3. Arie 

* Coret yang tidak perlu



KEGIATAN ASISTENSI TESIS / DESERTASI

Nama : Fauzan Andikha
NRP : 3314202804
Judul Tesis : Penerapan Sistem Ecodrainage Dalam Mengurangi Potensi Banjir
(Studi Kasus di Kabupaten Sampang)

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
	23-05-17	- Bab 1 gambar dicartumkan - bab 1 tulis ulang pada tabel	
	1-06-17	- Alternatif yang dipakai apa ya?	
	5-06-17	- Konsep perincian alternatif	
	8-06-17	- Kesimpulan disampaikan dengan lisan	
	13-06-17	- Abstrak bahasa Inggris; Montokkan hasil kuantitatifnya.	
	16-06-17	- Tata cara penulisan	

Surabaya, 21 Juni 2017
Dosen Pembimbing

Adhi Yuniarto, ST., MT., Ph.D



FORMULIR TESIS ULT-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Lisan Tesis

Hari, tanggal : Selasa, 11 Juli 2017
Jam : 13.00-15.00 WIB
Tempat : R. Sidang Pascasarjana
Judul Tesis : Penerapan Sistem Ecodrainage dalam Mengatasi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sempang)
Nama Mahasiswa : FAUZAN ANDIKHA
NRP : 3314202804
Program Studi : S2 Teknik Lingkungan FTSP-ITS
Bidang Studi : Magister Teknik Sanitasi Lingkungan

Tanda Tangan

No./Hal	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Tesis

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KT-02 ke Sekretaris Pascasarjana.
Formulir ini harus dibawa mahasiswa pada saat eksistensi dengan Dosen Pembimbing.
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing.

Berdasarkan persetujuan Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut :

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tesis
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tesis

Dosen Pembimbing

Adhi yuniarto, ST., MT., PhD



FORMULIR TESIS ULT-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah
Ujian Lisan Tesis

Hari, tanggal : Selasa, 11 Juli 2017
Jam : 13.00-15.00 WIB
Tempat : R. Sidang Pascasarjana
Judul Tesis : Penerapan Sistem Ecodrainage dalam Mengatasi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)
Nama Mahasiswa : FAUZAN ANDIKHA
NRP : 3314202804
Program Studi : S2 Teknik Lingkungan FTSP-ITS
Bidang Studi : Magister Teknik Sanitasi Lingkungan

No./Hal	Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah Tesis
1.	Berapa alternatif upaya untuk mengurangi banjir Alternatif #2: tanggul perbatasan tanggul di sungai panjang ①. Tata guna lahan (sumbu Retensi) ②. Dengan sumbu Resapan
2.	Perubahan lahan vegetasi & mekanik $20\% \pm$ hrs ^{gelas} _{Kan}
3.	Kesimpulan ke 3 perlu dikaji lagi. Kalau retensi harus diaku kan
4.	Libas & buku tesis Mike 20/6/17

Formulir KT-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KT-03 ke Sekretariat Pascasarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa pada saat asistensi dengan Dosen Pengarah
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing

Dosen Pengarah : NIKKE K

Dosen Pembimbing : Adhi yuniarto, ST., MT., PhD

5. Buat Peta ekodrainase untuk upaya mekanik
dan vegetasi
6. Saran perlu di rubah



FORMULIR TESIS ULT-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah
Ujian Lisan Tesis

Hari, tanggal : Selasa, 11 Juli 2017
Jam : 13.00-15.00 WIB
Tempat : R. Sidang Pascasarjana
Judul Tesis : Penerapan Sistem Ecodrainage dalam Mengetasi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)
Nama Mahasiswa : FAUZAN ANDIKHA
NRP : 3314202804
Program Studi : S2 Teknik Lingkungan FTSP-ITS
Bidang Studi : Magister Teknik Sanitasi Lingkungan

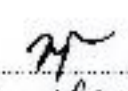
No./Hal	Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah Tesis
	<p>Perbaiki abstrak Bhs. Inggris Cek perhitungan biaya Perjelas pd. gambar sungai utawa-nya.</p> <p style="text-align: right;">} 21/7/2017 AF</p>

Formulir KT-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KT-03 ke Sekretaris Pascasarjana

Formulir ini harus dibawa mahasiswa pada saat asistensi dengan Dosen Pengarah

Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing

Dosen Pengarah : M. A. Mardiyanto (.....)

Dosen Pembimbing : Adhi yuniarto, ST., MT., PhD (.....)



FORMULIR TESIS ULT-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah
Ujian Lisan Tesis

Hari, tanggal : Selasa, 11 Juli 2017
Jam : 13.00-15.00 WIB
Tempat : R. Sidang Pascasarjana
Judul Tesis : Penerapan Sistem Ecodrainage dalam Mengatasi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)
Nama Mahasiswa : FAUZAN ANDIKHA
NRP : 3314202804
Program Studi : S2 Teknik Lingkungan FTSP-ITS
Bidang Studi : Magister Teknik Sanitasi Lingkungan

No./Hal	Pertanyaan dan Saran Dosen Pengarah Tesis
1 / v8	Kontifisien limpasan?
2 -	Kapan level. limpasan digunakan dalam perhitungan
3 / 134	Atas pada bahasa Inggris di berikan
4	Kontifisien permeabilitas? Supaya hal 13, Sensus ^{regangan} entensi II (dalam potensi) → nilai lingkungan

Formulir KT-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KT-03 ke Sekretariat Pascasarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa pada saat asistensi dengan Dosen Pengarah
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing

Dosen Pengarah : Andi D.

Dosen Pembimbing : Adhi yuniarto, ST., MT., PhD

(Signature of Adhi Yuniarto)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Fauzan Andikha, lahir di Sampang 27 Mei 1984, merupakan anak pertama dari 4 (empat) bersaudara. Riwayat pendidikan penulis dimulai dari TK Al Ma'arif Sampang lulus tahun 1990, SDN Rongtengah II Sampang lulus tahun 1996, SLTP Negeri II Sampang lulus tahun 1999, SMU Negeri II Sampang lulus tahun 2002. Penulis melanjutkan jenjang pendidikan Strata-1 (S1) di Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang dan lulus pada tahun 2009 dengan menyelesaikan tugas akhir berjudul “Aplikasi Model GEOWEPP (*Geospatial Interface for Water Erosion Prediction Project*) Untuk Analisis Banjir Di Sub Das Lesti”. Pada tahun 2010 penulis bekerja sebagai Pegawai Negeri Sipil di Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Kabupaten Sampang. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan jenjang pendidikan Strata-2 (S2) di Bidang Keahlian Teknik Sanitasi Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, melalui beasiswa dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Pada Tahun 2017 penulis telah menyelesaikan Tesis dengan judul “Penerapan Sistem Ecodrainage Dalam Mengurangi Potensi Banjir (Studi Kasus di Kabupaten Sampang)”. Selepas dari pendidikan program studi Magister di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, penulis kembali aktif sebagai Pegawai Negeri Sipil di lingkungan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Sampang. Bagi pembaca yang memiliki saran dan kritik dapat menghubungi penulis melalui email fauzan.andikha84@gmail.com